



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**



AGRADECIMIENTOS

Me gustaría aprovechar estas líneas para agradecer a todas aquellas personas que, de una forma u otra, han intervenido en la elaboración de este trabajo, fruto de cuatro años de esfuerzo y dedicación a la Carrera que me ha motivado a llegar hasta aquí, impartida en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales.

En primer lugar, me gustaría dedicar este trabajo fin de grado a mis padres, a mi hermana y a mi hermano. Ellos han vivido conmigo, aunque a la distancia, cada uno de mis tropiezos y éxitos académicos recibiendo siempre un infinito apoyo moral por su parte, el cual me ha hecho progresar y creer en mí misma. Quería agradecer en particular a mis padres su gran apoyo económico, sin el cual no habría sido posible realizar la Carrera de Ingeniería Industrial en la Universidad Politécnica de Valencia.

De igual forma, agradecer a mi pareja sus incansables ánimos, los cuales me motivaban día a día a avanzar hacia mi meta, recordándome siempre el orgullo que le producía observar cómo me iba acercando hasta ella.

También a mis compañeras de piso, quienes me han brindado siempre un gran apoyo moral, celebrando conmigo cualquier avance en el trabajo. Agradecer en particular, su ayuda en aquellos casos en los que he necesitado algún consejo. Y en general, a todos mis amigos que han confiado siempre en mis posibilidades y me han alentado cada vez que lo he necesitado.

Como no, destacar el empeño que ha demostrado mi tutor Javier en este trabajo, quien, gracias a su inagotable paciencia y sus buenos consejos, ha conseguido orientarme y resolver cada duda que me ha ido surgiendo, logrando así presentar un trabajo del que me siento orgullosa. Todo ello sin dejar nunca de animarme, con un trato amable y proporcionándome siempre mucha confianza.

Mencionar a dos instituciones que han hecho posible que este trabajo se haya realizado. Al Excmo. Ayuntamiento de Bigastro por tramitar las instancias necesarias para poder comenzar con la investigación del trabajo y a la empresa gestora de aguas Hidraqua, en particular a dos de sus técnicos: Jorge Ballesta y Fidel Galant, quienes me han aportado toda la información que he necesitado y tenían disponible, recibíendome siempre en sus respectivos despachos con buen trato.

Finalmente, agradecer a la Escuela de Ingeniería Industrial, así como a la Universidad politécnica de Valencia haberme acogido hace cuatro años e instruirme de tal forma que, a día de hoy, yo haya podido lograr uno de mis mayores retos, convertirme en Ingeniera Industrial.

A todos ellos, mi enorme agradecimiento.

Esmeralda Pérez Martínez.



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**



RESUMEN

El trabajo que se ha llevado a cabo a lo largo de estas páginas consiste en la realización del modelo de una red de abastecimiento de agua a un núcleo urbano. El objeto de estudio se ha centrado en una pequeña población de Alicante, de escasos 7000 habitantes, llamada Bigastro.

El pueblo cuenta con tres puntos de almacenamiento y captación de agua, los cuales son llamados comúnmente “Depósito Los Sardinias”, “Depósito Cabezo-Cruz” y “Depósito La Pedrera”, pero actualmente sólo están conectados a la red los dos primeros, quedando como proyecto futuro la conexión del tercer depósito a la red.

Además de estos depósitos, Bigastro dispone de dos estaciones de bombeo llamadas comúnmente también “bombeo de la Pedrera” y “bombeo Cabezo-Cruz”. El primero de ellos está conectado mediante un punto de consumo al depósito Los Sardinias y el segundo bombeo al depósito Cabezo-Cruz.

Para la realización del modelo, se ha partido de un plano de AutoCad que, tras pasar por el programa Epacad, finalmente se ha elaborado un archivo en EPANET. A raíz del modelo obtenido en EPANET, se ha realizado el ajuste necesario para conseguir un modelo lo más semejante posible al modelo real de la red de Bigastro. Para ello, se ha necesitado información sobre algunas características de los elementos que componían la red (datos de consumos de los depósitos y lecturas de contadores, niveles de agua de los depósitos, localización de elementos de regulación). Esta información ha sido aportada por la empresa de gestión de aguas Hidraqua.

Una vez confeccionado el modelo, se ha realizado un análisis de mejoras para la situación actual.

Palabras Clave: Hidráulica, EPANET, tubería, suministro, población, agua, diseño.



RESUM

El treball que s'ha dut a terme al llarg d'aquestes pàgines consisteix en la realització del model d'una xarxa de proveïment d'aigua a un nucli urbà. L'objecte d'estudi s'ha centrat en una petita població d'Alacant, d'escassos 7000 habitants, cridada Bigastre.

El poble compta amb tres punts d'emmagatzematge i captació d'aigua, els quals són cridats comunament "Dipòsit Els Sardines", "Dipòsit Cabezo-Cruz" i "Dipòsit La Pedrera", però actualment només estan connectats a la xarxa els dos primers, quedant com a projecte futur la connexió del tercer dipòsit a la xarxa.

A més d'aquests dipòsits, Bigastre disposa de dues estacions de bombament anomenades comunament també "bombament de la Pedrera" i "bombament Cabezo-Cruz". El primer d'ells està connectat mitjançant un punt de consum al dipòsit Els Sardines i el segon bombament al dipòsit Cabezo-Cruz.

Per a la realització del model, s'ha partit d'un plànol de AutoCad que, després de passar pel programa Epacad, finalment s'ha elaborat un arxiu en EPANET. Arran del model obtingut en EPANET, s'ha realitzat l'ajust necessari per aconseguir un model el més semblant possible al model real de la xarxa de Bigastre. Per a açò, s'ha necessitat informació sobre algunes característiques dels elements que componien la xarxa (dades de consums dels dipòsits i lectures de comptadors, nivells d'aigua dels dipòsits, localització d'elements de regulació). Aquesta informació ha sigut aportada per l'empresa de gestió d'aigües Hidraqua.

Una vegada confeccionat el model, s'ha realitzat una anàlisi de millores per a la situació actual.

Paraules Clau: Hidràulica, EPANET, canonada, subministrament, població, aigua, disseny.



ABSTRACT

The work has been carried out along these pages is implementation model of a network of water to an urban core. The object of study has focused on a small town of Alicante, in 7000 few people called Bigastro.

The village has three points of storage and water harvesting, which are commonly called "Deposit Los Sardinias", "Deposit Cabezo-Cruz" and "Deposit La Pedrera", but currently they are only connected to the network the first two, leaving as future project connecting the third tank to the network.

In addition to these deposits, Bigastro has two pumping stations also commonly called "pumping Pedrera" and "pumping Cabezo-Cruz". The first one is connected via a point of consumption to deposit Los Sardinias and the second pump to the reservoir Cabezo-Cruz.

To carry out the model of a plane match AutoCad, after passing through the Epcad program, it has finally produced a file has EPANET. Following the pattern obtained from EPANET, it has made the need for a model as close as possible to the actual network model Bigastro adjustment. To do this, information is needed on some characteristics of the elements making up the network (data consumption of deposits and meter readings, water levels of deposits, location of regulatory elements). This information has been provided by the management company Hidraqua waters.

Once you made the model has performed an analysis of improvements to the current situation.

Keywords: Hydraulics, EPANET, pipe, supply, population, water, design.



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**



ÍNDICE DEL TRABAJO

MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN
2. DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES ACTUALES
3. PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO
4. RESULTADO DE LAS SIMULACIONES. PROBLEMÁTICA ENCONTRADA
5. MEDIDAS DE MEJORA DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL
6. DESARROLLOS FUTUROS
7. CONCLUSIONES
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ANEXO 1. DEMANDAS BASE

ANEXO 2. CURVAS DE MODULACIÓN

PRESUPUESTO

PLANOS

Plano 1. Callejero parcial de Bigastro (zona norte)

Plano 2. Callejero parcial de Bigastro (zona sur)

Plano 3. Sectores hidráulicos de Bigastro

Plano 4. Trazado de tuberías de Bigastro (detalle ref. nudos)

Plano 5. Trazado de tuberías de Bigastro (detalle ref. tuberías)

Plano 6. Trazado de tuberías de Bigastro (detalle ref. diámetros)

Plano 7. Detalle arqueta de válvula (fte.: Aguas de Valencia)

Plano 8. Detalle zanja (fte.: Aguas de Valencia)



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

MEMORIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



**ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA**



ÍNDICE DE LA MEMORIA

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETO DEL TRABAJO	1
1.2	ESTRUCTURA DEL TRABAJO.....	1
1.3	ANTECEDENTES	2
1.4	SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA	3
1.4.1	Localización	3
1.4.2	Demografía	5
1.4.3	Localización de zonas industriales	6
2	DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES ACTUALES	7
2.1	INTRODUCCIÓN	7
2.2	PUNTOS DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN	9
2.2.1	Depósito “Los Sardinias”	9
2.2.2	Depósito “Cabezo-Cruz”	12
2.2.3	Depósito “La Pedrera”	13
2.3	TUBERÍAS	14
2.4	BOMBAS	15
2.4.1	Bombeo de la Pedrera	15
2.4.2	Bombeo Cabezo-Cruz	16
2.5	ELEMENTOS DE REGULACIÓN	17
2.6	ELEMENTOS DE MEDICIÓN	18
3	PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELO	19
3.1	DATOS DE PARTIDA	19
3.2	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN EPANET.....	20
3.2.1	Conversión del fichero de AutoCad	20
3.2.2	Corrección de tuberías	21
3.2.3	Separación de sectores	22
3.2.4	Asignación de cotas	22
3.2.5	Implementación de los puntos de alimentación	23
3.2.6	Bombeo inicial	24
3.3	CARGA HIDRÁULICA DEL MODELO.....	25
3.3.1	Demanda base	25
3.3.2	Curvas de modulación	27
3.3.3	Balance hidráulico de la red	30



4	RESULTADO DE LAS SIMULACIONES. PROBLEMÁTICA ENCONTRADA	33
4.1	DIFICULTADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO.....	33
4.1.1	Verificación de abastecimientos	33
4.1.2	Conexión de tuberías	34
4.1.3	Velocidades excesivas en tuberías	37
4.1.4	Insuficiencia de datos del bombeo Los Sardinias	41
4.1.5	Conexión entre depósito y bombeo Cabezo-Cruz	42
4.1.6	Presiones negativas	44
4.2	INCONVENIENTES DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA.....	46
4.2.1	Presiones	46
4.2.2	Velocidades	49
4.2.3	Pendiente hidráulica	50
5	MEDIDAS DE MEJORA DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL	51
5.1	REDUCCIÓN DEL RANGO DE PRESIONES	51
5.1.1	Aumento de presiones en zonas de bajas presiones	51
5.1.2	Reducción de presiones en zonas de altas presiones	53
6	DESARROLLOS FUTUROS	61
6.1	CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA	61
6.2	CALIBRACIÓN DEL MODELO	61
6.3	SUSTITUCIÓN DE EMBALSES POR DEPÓSITOS Y BOMBAS	61
7	CONCLUSIONES.....	63
8	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65



ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CARACTERÍSTICAS CANAL DE ALICANTE (MCT, 2012)	2
FIGURA 2. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO (MCT, 2012)	3
FIGURA 3. LOCALIZACIÓN ESPACIAL BIGASTRO (WIKIPEDIA, 2010)	3
FIGURA 4. LOCALIZACIÓN ESPACIAL BIGASTRO (WIKIPEDIA, 2010)	4
FIGURA 5. LOCALIZACIÓN TERRITORIAL BIGASTRO	4
FIGURA 6. VARIACIÓN DEMOGRÁFICA (O PÉREZ SÁNCHEZ, 2012)	5
FIGURA 7. LOCALIZACIÓN ÁREAS INDUSTRIALES	6
FIGURA 8. ESQUEMA INSTALACIÓN DE DEPÓSITOS	7
FIGURA 9. SECTORIZACIÓN BIGASTRO	8
FIGURA 10. DEPÓSITO “LOS SARDINAS”	9
FIGURA 11. ESQUEMA CONEXIÓN DEPÓSITO SARDINA	10
FIGURA 12. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA IZQUIERDA	10
FIGURA 13. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA CENTRO	11
FIGURA 14. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA DERECHA	11
FIGURA 15. DEPÓSITO CABEZO-CRUZ	12
FIGURA 16. ABASTECIMIENTO CABEZO-CRUZ	12
FIGURA 17. DEPÓSITO LA PEDRERA	13
FIGURA 18. BOMBEO DE LA PEDRERA	16
FIGURA 19. BOMBEO CABEZO-CRUZ	16
FIGURA 20. VÁLVULA FLOTADOR	17
FIGURA 21. LOCALIZACIÓN DE LOS CONTADORES	18
FIGURA 22. PLANO RED DE TUBERÍAS EN AUTOCAD	19
FIGURA 23. TRAZADO DE TUBERÍAS INICIAL	20
FIGURA 24. SELECCIÓN DE UNA REGIÓN	21
FIGURA 25. COTAS Y CURVAS DE NIVEL	22
FIGURA 26. NIVEL DE AGUA EN LOS DEPÓSITOS. DEP. SARDINAS (IZQDA.) Y DEP. CABEZO-CRUZ (DRCHA.)	23
FIGURA 27. NIVEL AGUA BOMBEO CABEZO-CRUZ INICIAL	24



FIGURA 28. SECTORIZACIÓN DE NUDOS	26
FIGURA 29. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA INVIERNO	29
FIGURA 30. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET LOS SARDINA INVIERNO	29
FIGURA 31. ERROR EN ABASTECIMIENTO BOMBEO PEDRERA	33
FIGURA 32. INFORME DE ESTADO 1	34
FIGURA 33. ZONA DESCONECTADA DE LA RED	34
FIGURA 34. CONEXIÓN CON TUBERÍA DE 300 MM	35
FIGURA 35. SITUACIÓN ANTES DE LA CONEXIÓN BOMBEO-TUBERÍA	36
FIGURA 36. SITUACIÓN DESPUÉS DE LA CONEXIÓN BOMBEO-TUBERÍA	36
FIGURA 37. TUBERÍAS CON EXCESO DE VELOCIDAD	37
FIGURA 38. LISTADO DE TUBERÍAS CON VELOCIDADES EXCESIVAS	38
FIGURA 39. CONEXIÓN P400 CON VILLAS ANDREA	39
FIGURA 40. SITUACIÓN CON P309 ABIERTA	40
FIGURA 41. SITUACIÓN CON P309 CERRADA	40
FIGURA 42. INDEPENDENCIA DEL BOMBEO DE LOS SARDINAS CON EL D6	41
FIGURA 43. POSICIÓN DEL DEPÓSITO “CABEZO-CRUZ” EN AUTOCAD	42
FIGURA 44. ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO CABEZO-CRUZ	42
FIGURA 45. CASO 1) DEPÓSITO JUNTO A BOMBEO	43
FIGURA 46. POSICIÓN DEL DEPÓSITO “CABEZO-CRUZ” EN PDF	43
FIGURA 47. CASO 2) DEPÓSITO POR ENCIMA DEL BOMBEO	44
FIGURA 48. PRESIONES NEGATIVAS	44
FIGURA 49. NIVEL AGUA BOMBEO CABEZO-CRUZ REAL	45
FIGURA 50. PRESIONES BAJAS EN ZONAS APARTADAS	46
FIGURA 51. PRESIONES ELEVADAS EN ACOMETIDAS DEL BOMBEO PEDRERA	47
FIGURA 52. MAPA DE ISOLÍNEAS A LAS 14H DE LA TARDE (MÍNIMA PRESIÓN)	48
FIGURA 53. MAPA DE ISOLÍNEAS A LAS 3H DE LA MAÑANA (MÁXIMA PRESIÓN)	48
FIGURA 54. PRESIONES EN CABEZO-CRUZ ANTES DE LA MODIFICACIÓN	52
FIGURA 55. PRESIONES EN CABEZO-CRUZ DESPUÉS DE LA MODIFICACIÓN	52
FIGURA 56. DESCONEXIÓN DE TUBERÍA DE 300 MM DEL BOMBEO DE LA PEDRERA	53
FIGURA 57. CONEXIÓN DEL BOMBEO CON TUBERÍA DE 300 MM	54
FIGURA 58. CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA	55



FIGURA 59. SUMINISTRO DESDE EL DEPÓSITO A ZONAS D5 Y D6 POR MEDIO DE LA URBANIZACIÓN.....	55
FIGURA 60. CONSUMOS ZONA DE OCIO LA PEDRERA	56
FIGURA 61. SITUACIÓN TRAS LA CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA A LA RED.....	57
FIGURA 62. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN VILLAS ANDREAS.....	58
FIGURA 63. SITUACIÓN UNA VEZ COLOCADA LA 1ª VRP	58
FIGURA 64. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN ZONA D5.....	59
FIGURA 65. SITUACIÓN UNA VEZ COLOCADA LA 2ª VRP	59
FIGURA 66. SITUACIÓN INICIAL	60
FIGURA 67. SITUACIÓN POSTERIOR	60
FIGURA 68. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO.....	78
FIGURA 69. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET LOS SARDINA VERANO.....	78
FIGURA 70. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO	80
FIGURA 71. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET CABEZO-CRUZ INVIERNO	80
FIGURA 72. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO	82
FIGURA 73. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET CABEZO-CRUZ VERANO	82



ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS SEGÚN MATERIAL	14
TABLA 2. LONGITUD DE TUBERÍAS SEGÚN EL DIÁMETRO.....	15
TABLA 3. DEMANDA BASE POR SECTOR.....	25
TABLA 4. DEMANDA BASE POR ACOMETIDA	27
TABLA 5. FACTORES DE MODULACIÓN LOS SARDINA INVIERNO	28
TABLA 6. BALANCE HIDRÁULICO DEL DEPÓSITO CABEZO-CRUZ.....	30
TABLA 7. BALANCE HIDRÁULICO DEL DEPÓSITO LOS SARDINA	31
TABLA 8. VELOCIDAD MEDIA DE LAS TUBERÍAS	49
TABLA 9. PÉRDIDAS UNITARIAS MEDIAS EN LAS TUBERÍAS	50
TABLA 10. FACTORES DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO	77
TABLA 11. FACTORES DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO.....	79
TABLA 12. FACTORES DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO.....	81



1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETO DEL TRABAJO

El objetivo que se quiere llevar a cabo en el presente trabajo es el ajuste y modelización de la red de distribución de aguas en el pueblo de Bigastro (Alicante), de modo que quede recogido y aclarado el proceso de elaboración de este modelo. La finalidad será obtener valores de simulación similares a los valores reales, de forma que en un futuro se pueda analizar el comportamiento de la red en distintas situaciones estacionales; ya sea en épocas de invierno y verano, y temporales; durante horario nocturno y diurno. Todo ello mediante la implementación de modelos matemáticos desarrollados con el programa EPANET.

La intención final del trabajo se basa en estudiar los problemas hallados en la red actual y realizar un estudio de mejoras que puedan subsanar defectos en la instalación. El modelo finalmente elaborado servirá de refuerzo y supondrá una facilidad a la hora de gestionar el abastecimiento de aguas en el municipio de Bigastro.

Para llevar a cabo los objetivos que se persiguen, será necesario, una vez construido el modelo en EPANET, analizar las características de la red existente, para que, conociendo sus defectos actuales, se pueda elaborar un plan de mejoras que sirva para solucionar estos inconvenientes de forma eficaz tanto a nivel organizativo como económico en dicho municipio.

1.2 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

La estructura del trabajo sigue un orden cronológico caracterizado por la sucesión de diferentes etapas en el proceso de modelado de la red.

Para comenzar, se ha contextualizado el lugar de estudio para conocer tanto su historia hidráulica como la ubicación y particularidades del municipio. Una vez conocido el escenario modelo ha sido necesaria una recogida de información de todos los elementos de la red de aguas y características de estos elementos para poder incorporarlos y simularlos en el modelo. Para ello, se ha contado con la contribución de la empresa gestora de aguas del municipio, (Hidraqua), la cual ha aportado la información.

Con todo ello, se ha construido un modelo inicial que ha sido objeto de análisis y por medio del cual se han ido realizando modificaciones con el propósito de advertir posibles deficiencias de la red y establecer finalmente una propuesta de mejoras para perfeccionar el sistema de distribución de aguas.

1.3 ANTECEDENTES

Bigastro es un pueblo de la provincia de Alicante situado en la comarca de la Vega Baja que cuenta con 4,1 kilómetros cuadrados de término municipal. Los datos históricos conocidos del suministro de agua a Bigastro se remontan a 1968, fecha en la cual el organismo de Mancomunidad de Caudales de Taibilla (en adelante MCT) comienza a abastecer al pueblo. Este organismo se funda en 1927 por Decreto-Ley de 4 de Octubre por la creciente necesidad de construir una red de tuberías que suministrase agua potable a zonas de Murcia, Cartagena, Alicante y a prácticamente todo el sudeste español. La primera fuente de suministro de la que dispuso el organismo fue el río Taibilla. Posteriormente y debido al aumento de poblaciones que fueron abastecidas por dicha entidad, así como del incremento demográfico, se precisó de la incorporación del trasvase Tajo-Segura.

El municipio de Bigastro era abastecido en un principio por el Canal de Alicante, una continuación del Canal del Segura, el cual atravesaba el río Segura. El Canal de Alicante tenía las siguientes características:

LONGITUD	53,7 km	CLASE DE SECCIÓN	Ovoide
CAPACIDAD	1,3 y 0,9 m ³ /seg	TÚNELES	13,8 km
PENDIENTE NORMAL	0,0007 y 0,0004	ACUEDUCTOS	1,6 km
SECCIÓN TIPO	1,158 m ²	SIFONES	8,0 km

FIGURA 1. CARACTERÍSTICAS CANAL DE ALICANTE (MCT, 2012)

Tras el trasvase y el plan de ampliaciones se fundó en 1978 la potabilizadora de La Pedrera situada en Jacarilla (Alicante) que recogía agua del embalse de La Pedrera con 250 Hm³ de capacidad. En ese mismo año se abrió también la potabilizadora de Torrealta, que captaba agua del trasvase Tajo-Segura. Ambas potabilizadoras suministraban por independiente al nuevo Canal de Cartagena y al nuevo Canal de Alicante (diferente del Canal de Alicante) respectivamente. Fue en 2008 cuando se produjo la conexión de las potabilizadoras de La Pedrera y de Torrealta, acrecentando así la superficie de suministro e incluyendo la zona de la Vega Baja en su nueva red de abastecimiento.

A día de hoy, todos los municipios a los que abastece agua la MCT están organizados por zonas con el fin de facilitar al Área de Explotación del Organismo el correcto mantenimiento, distribución, facturación y conservación de todas sus infraestructuras. En la siguiente imagen se puede localizar el pueblo de Bigastro, el cual se encuentra en la zona 6 (MCT, 2012).

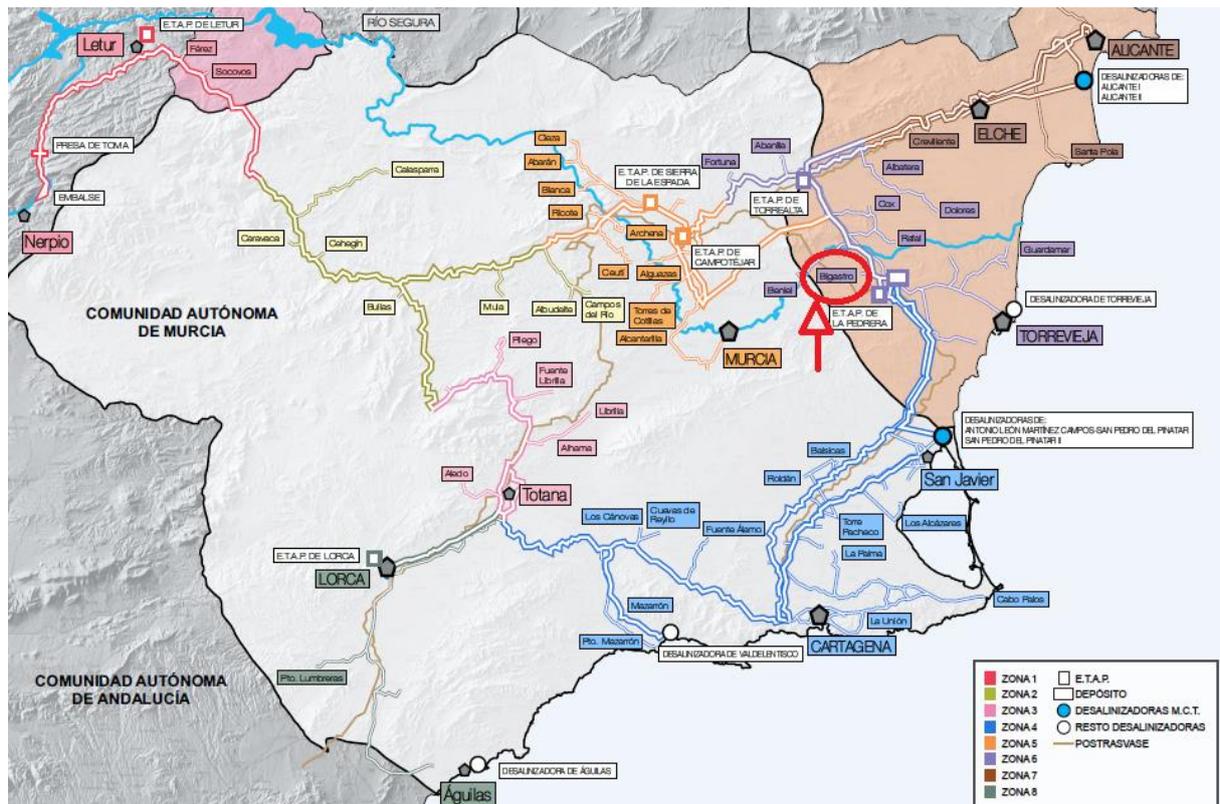


FIGURA 2. ORGANIZACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO (MCT, 2012)

1.4 SITUACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA

1.4.1 Localización

El municipio de Bigastro está situado en la Comunidad Valenciana (España), en la parte sur de la provincia de Alicante. Pertenece a la comarca de la Vega Baja y tiene una extensión territorial de 4,1 kilómetros cuadrados. Bigastro se localiza a $38^{\circ}03'47''$ latitud Norte y $0^{\circ}53'44''$ latitud Oeste a una altitud de 24 metros sobre el nivel del mar.



FIGURA 3. LOCALIZACIÓN ESPACIAL BIGASTRO (WIKIPEDIA, 2010)

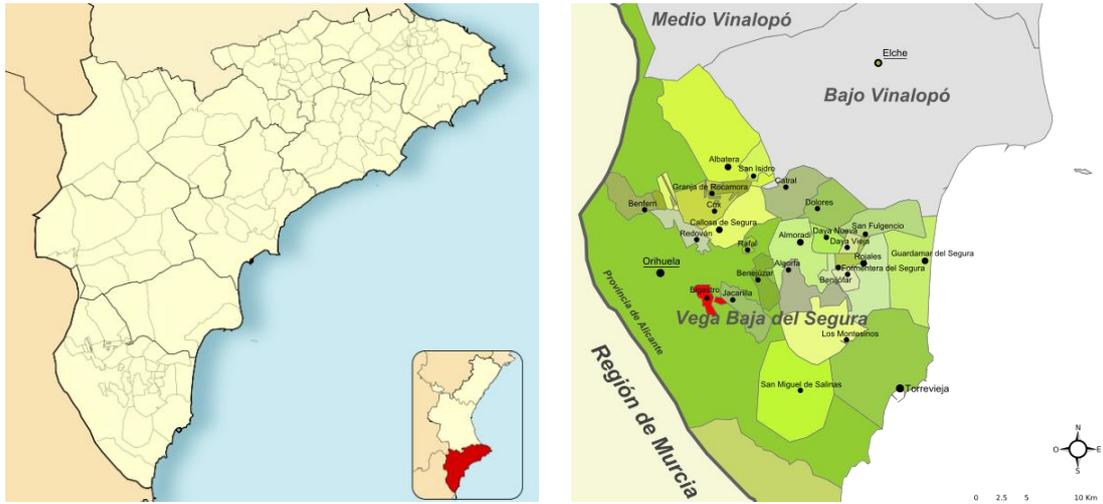


FIGURA 4. LOCALIZACIÓN ESPACIAL BIGASTRO (WIKIPEDIA, 2010).



FIGURA 5. LOCALIZACIÓN TERRITORIAL BIGASTRO

1.4.2 Demografía

A fecha de 2014, Bigastro cuenta con un número de habitantes en torno a 6800 y su densidad demográfica asciende a 1649,27 hab/km². Durante los últimos años, Bigastro ha sufrido un incremento demográfico destacable:

AÑO	HABIT.	INCREMENTO
1950	2861	2861
1955	3119	258
1960	3417	298
1965	3420	3
1970	3530	110
1975	3749	219
1980	4083	334
1982	4142	59
1984	4224	82
1986	4275	51
1988	4299	24
1990	4301	2
1991	4319	18
1992	4378	59
1993	4426	48
1994	4448	22
1995	4509	61
1996	4547	38
1997	4577	30
1998	4611	34
1999	4636	25
2000	4721	85
2001	4794	73
2002	4914	120
2003	5042	128
2004	5222	180
2005	5243	21
2006	5414	171
2007	5601	187
2008	5806	205
2009	6132	326
2010	6454	322

FIGURA 6. VARIACIÓN DEMOGRÁFICA (O PÉREZ SÁNCHEZ, 2012)

1.4.3 Localización de zonas industriales

Bigastro dispone de varias zonas industriales que son decisivas a la hora de modelizar y simular la red de tuberías para la correcta distribución de agua. En la siguiente imagen se muestran las tres áreas industriales más importantes del pueblo, además de la posición espacial de los depósitos que abastecen a las calles del pueblo.

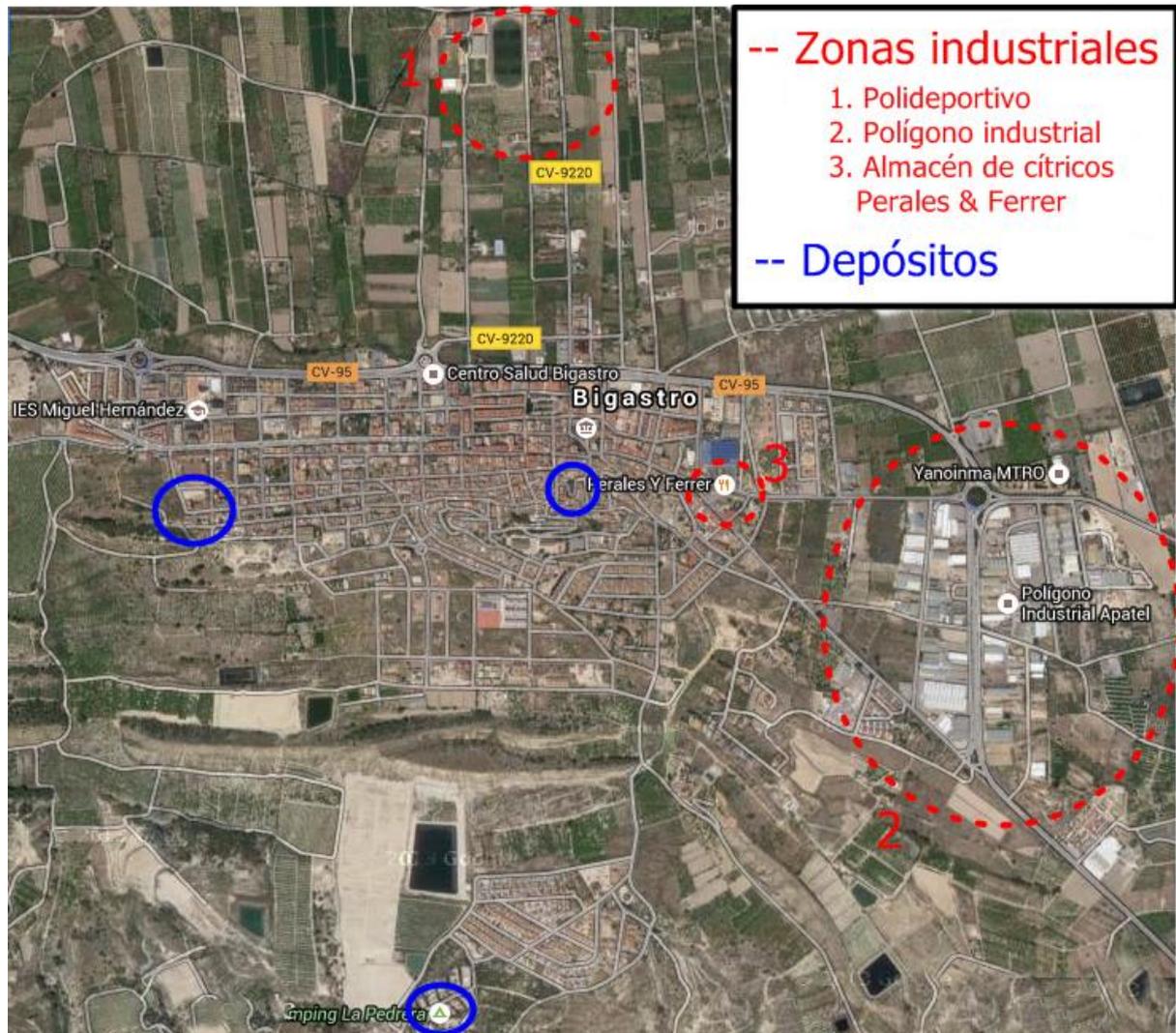


FIGURA 7. LOCALIZACIÓN ÁREAS INDUSTRIALES

2 DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES ACTUALES

2.1 INTRODUCCIÓN

La empresa encargada de la gestión de aguas de Bigastro es Hidraqua. Para la realización de este trabajo se necesitó cierta información la cual fue aportada por una de las oficinas de esta empresa, situada en la ciudad de Orihuela (Alicante). A su vez, parte de la información con la que trabaja Hidraqua pertenece a la MCT. Actualmente la empresa de aguas no cuenta con un modelo de EPANET para llevar a cabo la gestión de agua en los municipios a los que da servicio.

Desde un punto de vista general, la red de distribución de aguas tiene una antigüedad considerable, pudiéndose encontrar en las zonas más céntricas y menos actuales materiales tipo fibrocemento (FB) y hierro galvanizado (HG). Pero con el crecimiento demográfico que ha ido experimentando, las nuevas instalaciones de tuberías ya se han ido fabricando de materiales con mejores propiedades.

A continuación se muestra el esquema de instalación general de los depósitos de Bigastro. La instalación suele estar compuesta por una tubería que deriva en el resto de la red a la que abastece y otra tubería que conecta con el bombeo existente.

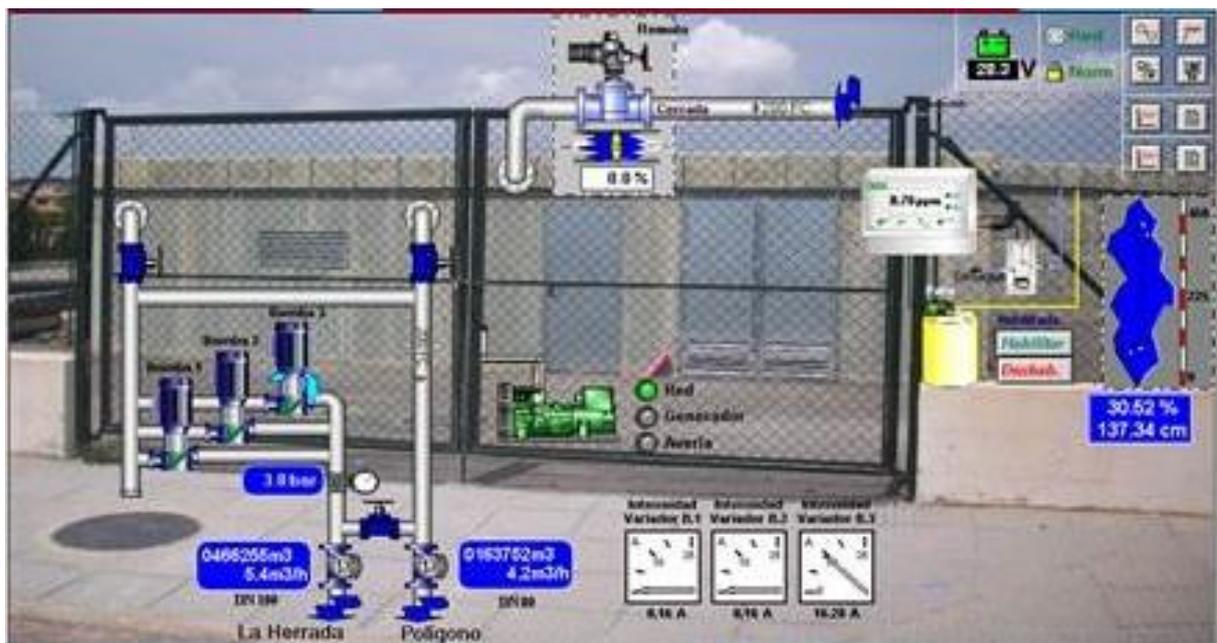


FIGURA 8. ESQUEMA INSTALACIÓN DE DEPÓSITOS

Existen tres depósitos distintos en Bigastro que abastecen a diversos sectores. A continuación se va a definir los conceptos 'sector' y 'zona' para entender la diferencia entre los diferentes sectores en los que se divide Bigastro de las diferentes zonas que componen el citado municipio.

Un sector es “parte de una ciudad, de un local o de cualquier otro lugar. Cada una de las subdivisiones de una red de energía.” (RAE, 2012).

Una zona es una “extensión considerable de terreno cuyos límites están determinados por razones administrativas, políticas, etc.” (RAE, 2012).

Se pretende matizar bien la diferencia entre sector y zona, pues resulta importante distinguir ambos términos para no crear confusión a lo largo del trabajo. Por ello se ha considerado que un determinado sector se componía por distintas zonas.

En la siguiente imagen se aprecia claramente la división de sectores según el depósito encargado de proporcionar agua. Posteriormente se procederá a explicar la distribución de agua que lleva a cabo cada depósito. El nombre propio de los depósitos es “Depósito de Bigastro 1”, “Depósito de Bigastro 2” y “Depósito de Bigastro 3” pero, para reconocerlos, tanto la empresa Hidraqua como los propios habitantes los denominan: “Depósito Cabezo-Cruz”, “Depósito Los Sardinás” y “Depósito Pedrera”, respectivamente.

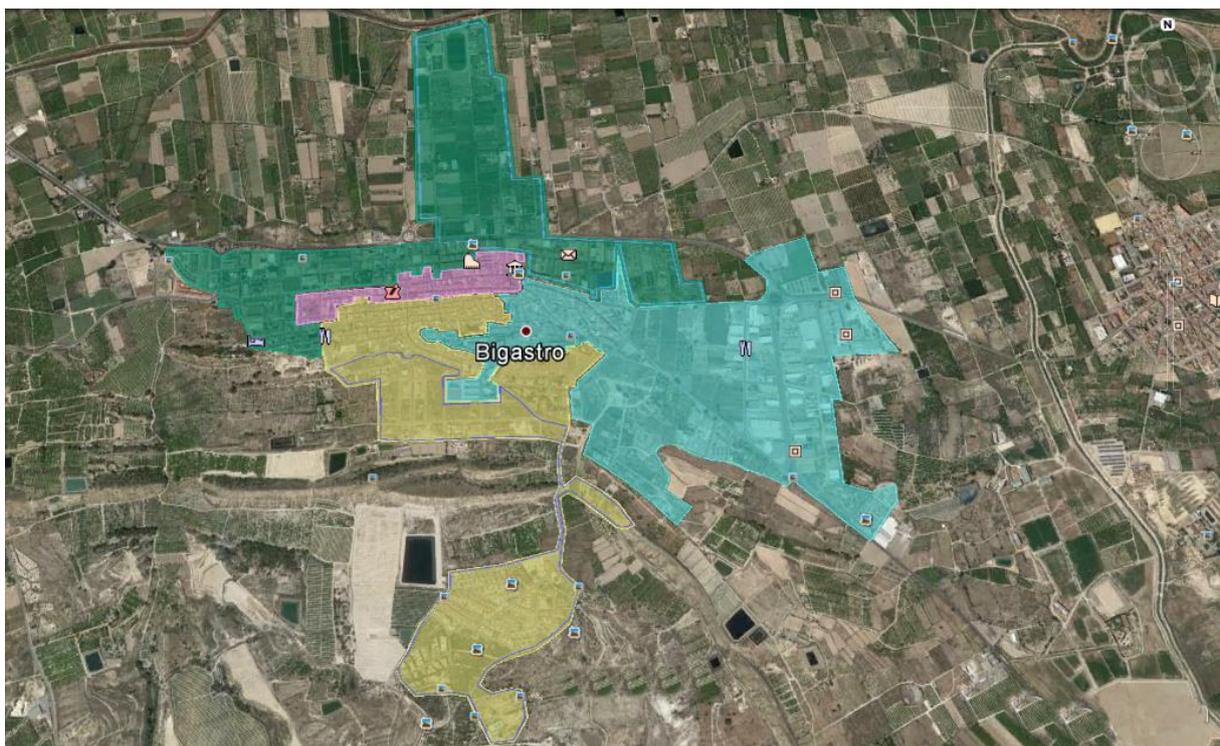


FIGURA 9. SECTORIZACIÓN BIGASTRO



2.2 PUNTOS DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN

2.2.1 Depósito “Los Sardinias”

Este depósito es el segundo más grande de los tres existentes con una capacidad de 1170 m³ y cuya cota se encuentra a 49 metros sobre el nivel del mar. Está ubicado en la parte oeste del pueblo, en un recinto al aire libre y el área de volumen inyectado al que abastece comprende un 60 o 70% del volumen total inyectado al pueblo. El depósito está conectado a una tubería de FBA de 200 mm de diámetro de la cual se conexionan otras tres tuberías que abastecen, cada una de ellas, a un sector determinada del municipio. Los tres sectores están perfectamente delimitados con la finalidad de que ninguna acometida de un sector sea abastecida por otro sector.

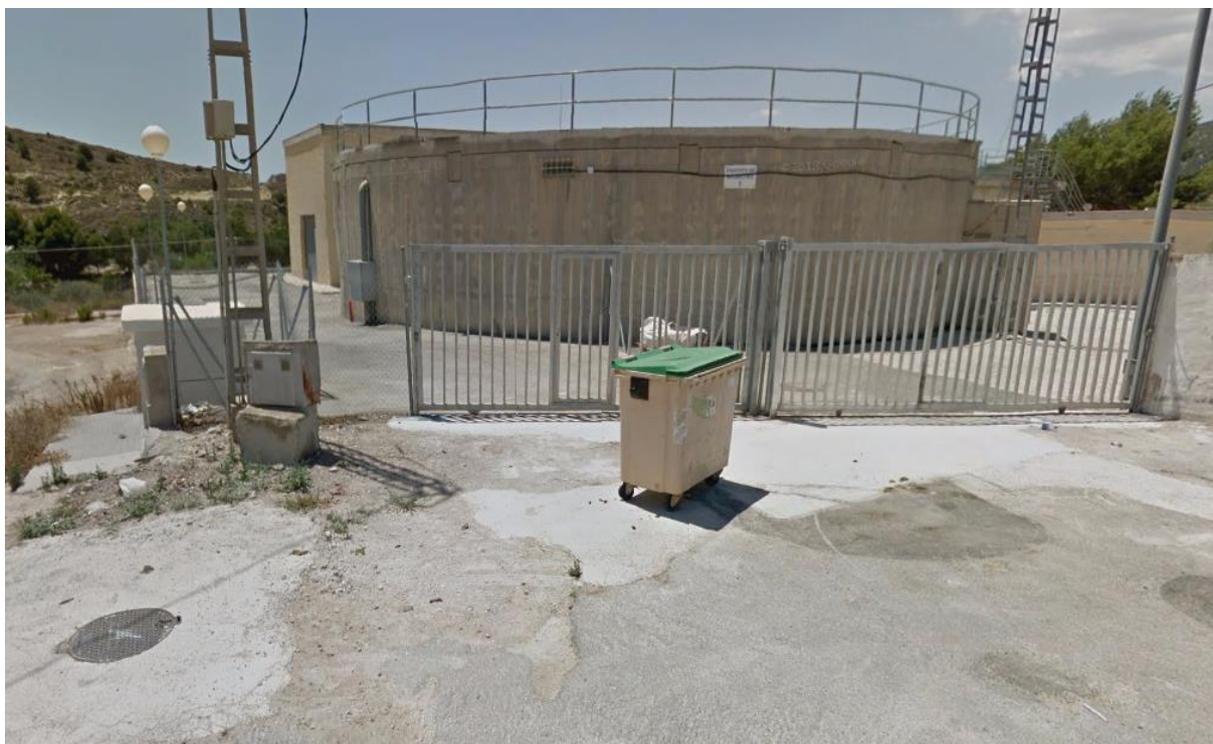


FIGURA 10. DEPÓSITO “LOS SARDINAS”

La instalación real está formada por dos depósitos de las mismas características, y conectados ambos a la tubería de 200 mm. Pero a la hora de realizar el modelo, se ha considerado un único depósito, pues sólo suele trabajar uno de los dos, alternándose entre ellos. Este depósito dispone además de una estación de bombeo en el mismo recinto pero que, actualmente no se encuentra en funcionamiento.

Los tres sectores a los que abastece el depósito Los Sardinias se han llamado: “Sardina izquierda”, “Sardina centro” y “Sardina derecha”, con la finalidad de poder diferenciarlos claramente a lo largo del trabajo. Un pequeño esquema de la conexión de este depósito sería el siguiente:

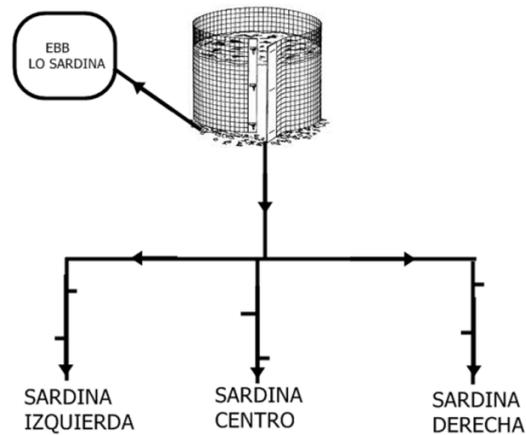


FIGURA 11. ESQUEMA CONEXIÓN DEPÓSITO SARDINA

Sector Sardina izquierda

El sector izquierdo comprende desde el extremo suroeste del pueblo, pasando por toda la zona baja, hasta la zona sureste. En su recorrido abastece a lugares como el instituto, el colegio infantil, toda la zona del polideportivo, el auditorio, el centro social y el centro de salud.

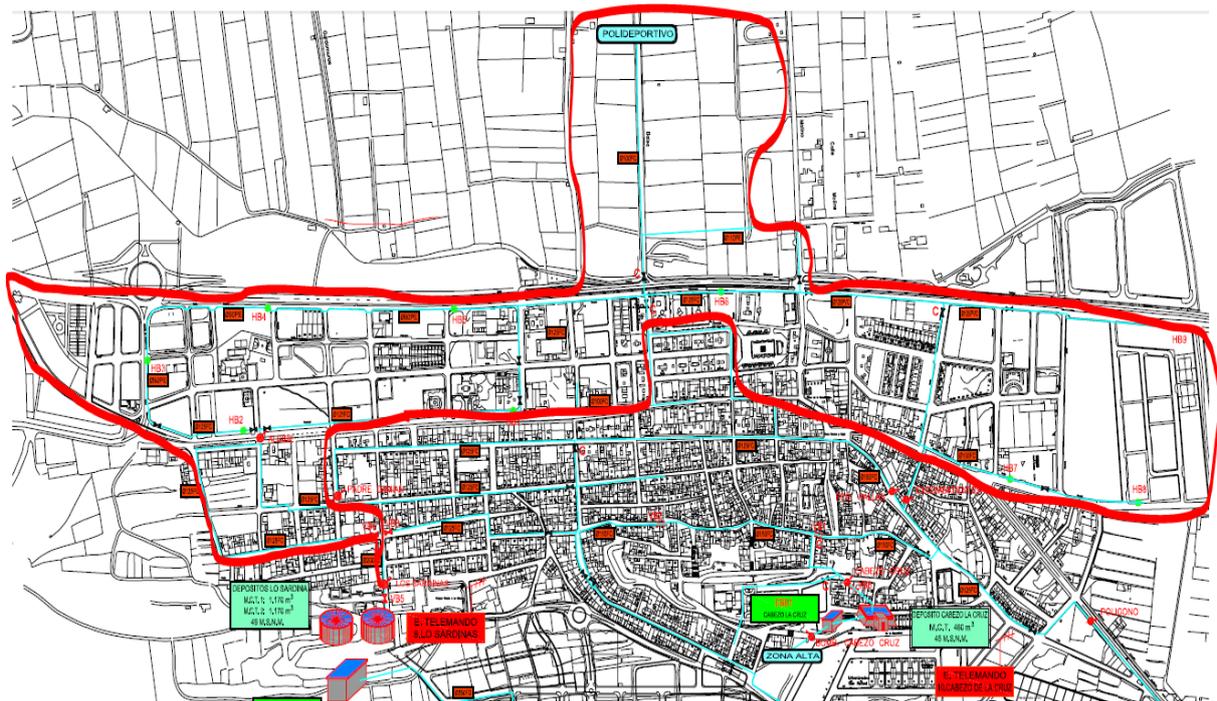


FIGURA 12. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA IZQUIERDA

Sector Sardina centro

Este sector comprende la zona más céntrica del pueblo, una pequeña área en la que se incluyen la calle principal, el ayuntamiento y la iglesia.

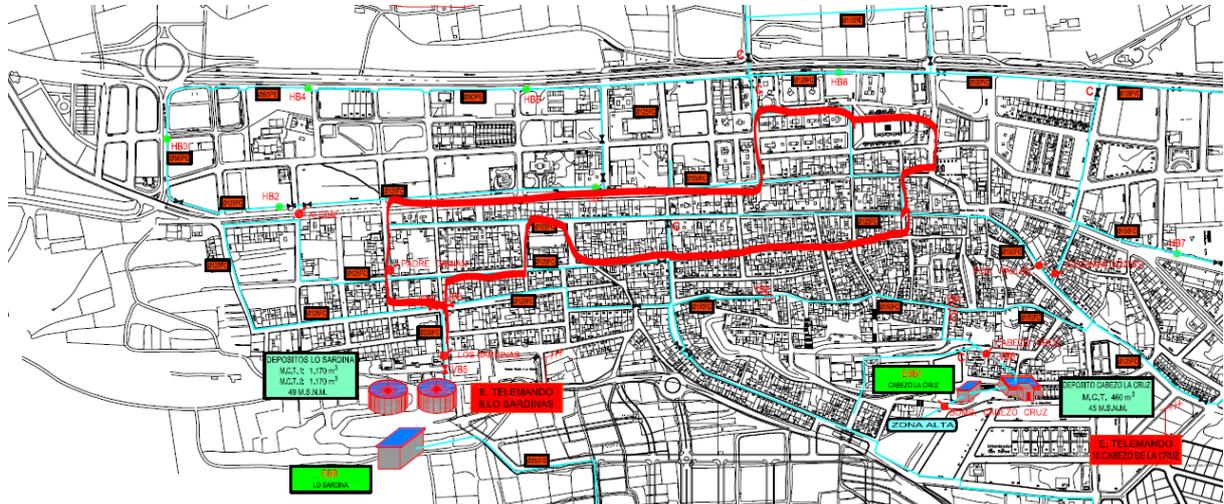


FIGURA 13. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA CENTRO

Sector Sardina derecha

Finalmente, el área que abastece el sector Sardina derecha abarca zonas medio-altas del pueblo, entre las que se encuentra el colegio de primaria, y zonas más altas en la que se localiza la urbanización Villas Andreas y la zona de ocio La Pedrera. Además, uno de los puntos de consumo de este sector sirve de aspiración a la estación de bombeo de la Pedrea.

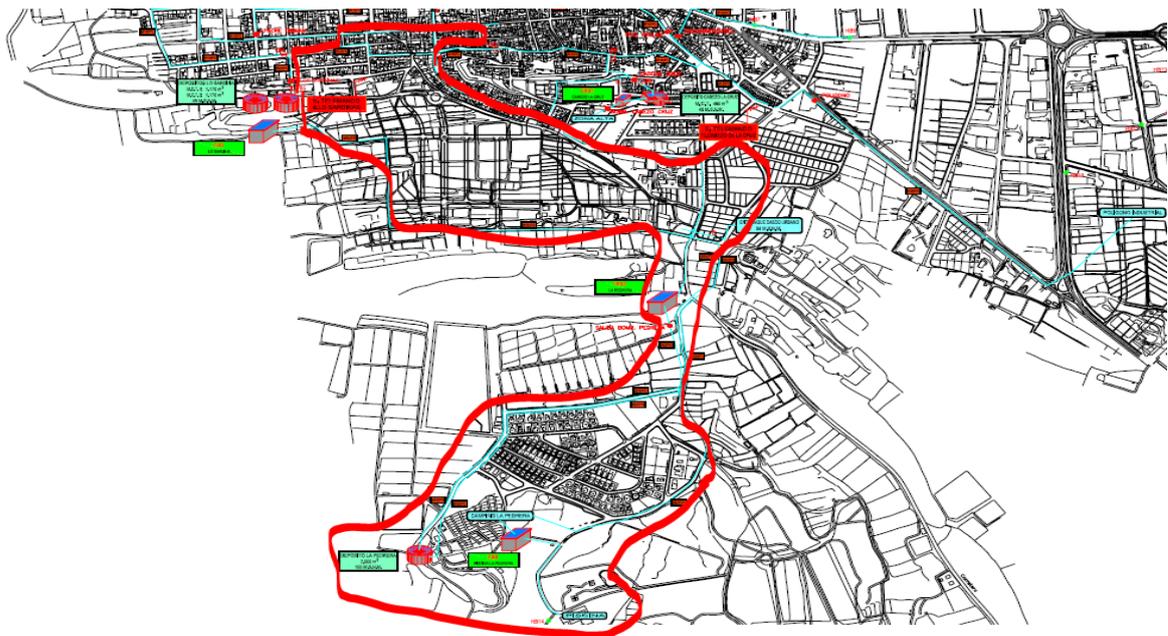


FIGURA 14. ABASTECIMIENTO ZONA SARDINA DERECHA

2.2.2 Depósito “Cabezo-Cruz”

El depósito Cabezo-Cruz tiene una capacidad de 460 m³ y se encuentra a 55 metros sobre el nivel del mar. Junto al depósito se dispone de un bombeo el cual suministra una pequeña cantidad de agua, comparado con el propio depósito. La zona abastecida por el depósito y el bombeo Cabezo-Cruz colinda con el sector Sardina derecha pero, como se ha comentado antes, todos los sectores se encuentran bien delimitados por válvulas cerradas, lo que asegura que el abastecimiento de Sardina derecha no se mezcla con el abastecimiento de Cabezo-Cruz.

Este depósito se encuentra en la zona medio-alta del pueblo, en un recinto cubierto. El volumen que inyecta se corresponde con un 30 o 40% del volumen inyectado total. El depósito Cabezo-Cruz junto con el bombeo, abastecen a espacios entre los cuales se encuentra la comisaría de la policía local, el almacén de cítricos “Perales & Ferrer”, la parte alta-este del pueblo y todo el polígono industrial.



FIGURA 15. DEPÓSITO CABEZO-CRUZ

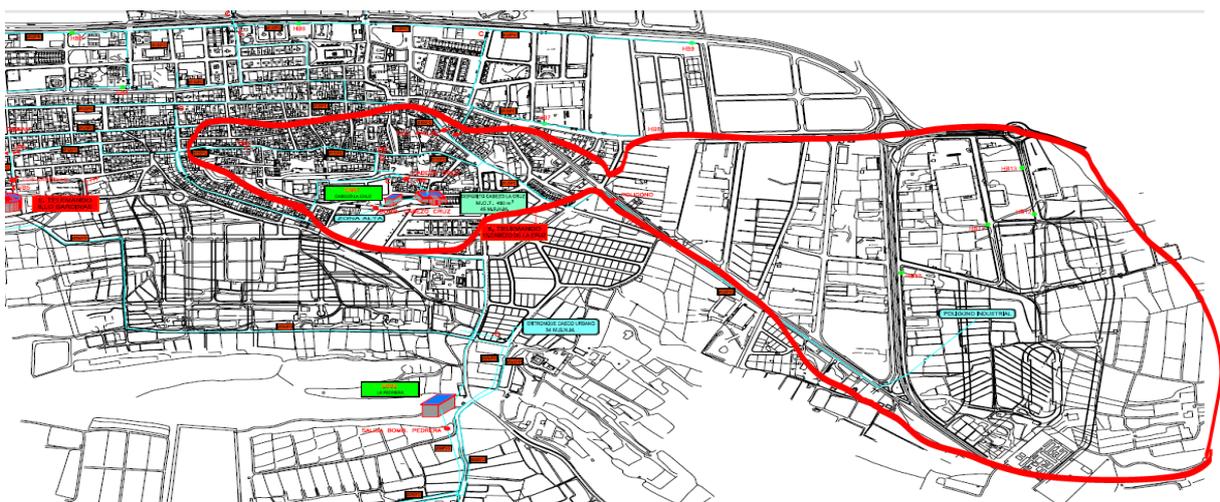


FIGURA 16. ABASTECIMIENTO CABEZO-CRUZ

2.2.3 Depósito “La Pedrera”

El depósito La Pedrera está situado también en un recinto al aire libre. A día de hoy se halla inactivo, sin lámina de agua y desconectado de la red. Es un depósito de excelentes condiciones debido a su capacidad interna la cual asciende a 2000 m³ y a su altitud, pues se encuentra a 100 metros sobre el nivel del mar correspondiendo con la zona más alta del municipio.

La finalidad de poner en marcha este depósito será la de suministrar caudal a la zona alta de Bigastro (zonas D6 y D5 y urbanización Villas Andreas), áreas de las que se encarga actualmente el bombeo de la Pedrera.

En el presente trabajo, se realizará un estudio del alcance de dicho depósito, es decir, hasta que zona de Bigastro podrá suministrar agua sin que las presiones suban o bajen excesivamente.



FIGURA 17. DEPÓSITO LA PEDRERA

2.3 TUBERÍAS

El trazado de tuberías que componen la red de distribución de aguas de Bigastro está formado por diferentes materiales y diámetros. Se encuentran materiales más antiguos como el hierro galvanizado (HG) y fibrocemento (FBA), principalmente para las zonas con más historia, y materiales más actuales como la fundición dúctil (FUD), policloruro de vinilo de alta densidad (PVA) y polietileno de alta densidad (PAD). En la siguiente tabla se encuentra la clasificación de los diferentes materiales y diámetros, así como su coeficiente de rugosidad:

MATERIAL	DIÁMETRO (mm)	DIÁMETRO INTERIOR(mm)	COEF. RUGOSIDAD
HG	50	50	0.017
FBA	60	60	0.11
	80	80	
	100	100	
	125	125	
	150	150	
	200	200	
FUD	100	100	0.07
	125	125	
	150	150	
	250	250	
	300	300	
PVA (16 bar)	50	42.6	0.04
	63	53.6	
	75	63.8	
	90	76.6	
	125	110.2	
PAD	32	28	0.05
	40	35.2	
	50	44	
	63	55.4	
	90	79.2	
	110	96.8	
	125	110.2	
	160	141	
	200	176.2	

TABLA 1 . CLASIFICACIÓN DE TUBERÍAS SEGÚN MATERIAL

DIÁMETROS (mm)	LONGITUDES (m)
28	750.41
35.2	658.96
42.6	106.55
44	69.37
50	18.49
53.6	662.13
55.4	434.5
60	1827.26
63.8	1940.5
76.6	4238.35
79.2	9818.07
80	7163.1
96.8	6528.33
100	4320.98
110.2	1499.75
125	2847.74
141	1774.14
150	1616.71
176.2	1425.11
200	242.87
250	12.74
300	1342.58
Longitud total de tuberías	49298.64

TABLA 2 . LONGITUD DE TUBERÍAS SEGÚN EL DIÁMETRO

2.4 BOMBAS

Actualmente el municipio cuenta con dos estaciones de bombeo: bombeo de la Pedrera y bombeo Cabezo-Cruz. La empresa que gestiona el abastecimiento de aguas de Bigastro no dispone de especificaciones técnicas de los grupos de bombeo ni de los esquemas de conexión, ya que estos datos pertenecen a la MCT.

2.4.1 Bombeo de la Pedrera

Este bombeo suministra provisionalmente a dos zonas:

- Una parte de la zona medio-alta en la que se encuentra el colegio de primaria y territorio sin urbanizar, llamada área D6 y área D5.
- La otra zona corresponde a la urbanización Villas Andreas y a la zona de ocio la Pedrera, situadas ambas en el punto más alto y a las afueras del pueblo.

El suministro que este bombeo desarrolla es provisional, pues se pretende poner en marcha el depósito La Pedrera, que actualmente está desconectado y cuando se lleve a cabo esta acción, el bombeo de la Pedrera se limitará a trabajar para abastecer en principio a la zona de ocio.



FIGURA 18. BOMBEO DE LA PEDRERA

2.4.2 Bombeo Cabezo-Cruz

El bombeo Cabezo-Cruz sirve de ayuda al depósito Cabezo-Cruz pues suministra tan solo a unas pocas calles de alrededor, pero no se conoce el esquema propio de este bombeo ni la conexión con su correspondiente depósito.



FIGURA 19. BOMBEO CABEZO-CRUZ

2.5 ELEMENTOS DE REGULACIÓN

La red cuenta con válvulas de sectorización tipo compuerta (como las reguladoras de caudal), pero no dispone de válvulas automáticas, (por ejemplo válvulas reductoras de presión). Estas válvulas de sectorización están colocadas de modo que se impida el paso de agua de uno de los depósitos a territorio que no le corresponde suministrar.

Sobre el control de llenado de los depósitos, resulta importante recordar que los depósitos de Bigastro son de MCT por lo que no se sabe qué sistema utilizan para el control de llenado. Sí se puede confirmar, sin embargo, que el sistema de llenado se reduce a un control por nivel. Bien con el sistema más clásico, válvula de flotador, donde un brazo articulado solidario al eje de la lenteja de la válvula en su extremo dispone de una boya que conforme sube el nivel hace girar el eje de la válvula. O bien con otros sistemas los cuales no dejan de tener como elemento de accionamiento el nivel de agua en el depósito.

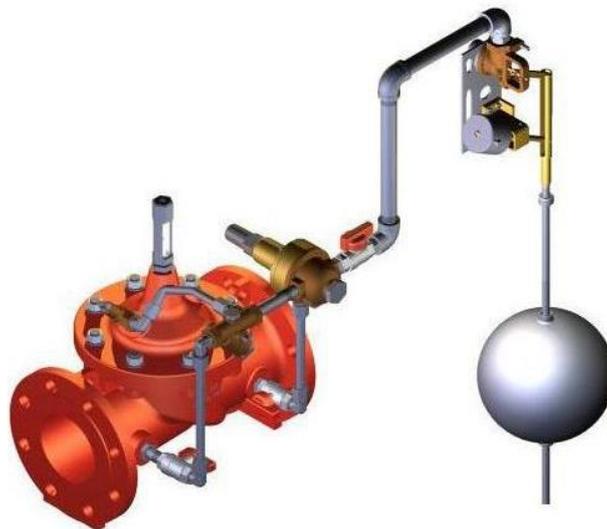


FIGURA 20. VÁLVULA FLOTADOR

Otro sistema adicional con el que podría contar la empresa son sensores de ultrasonidos. Este tipo de sensores miden de forma continua el nivel de agua en el depósito. Se puede configurar a un determinado nivel una señal a una válvula motorizada y que ésta cierre y abra en función del nivel que se ha predeterminado.

2.6 ELEMENTOS DE MEDICIÓN

Como se ha comentado en capítulos anteriores, Bigastro cuenta con 3 sectores cuyo depósito en común es Los Sardinás, y un cuarto sector correspondiente al depósito Cabezo-Cruz. Cada sector dispone de un contador que se encarga de contabilizar el consumo de agua de todas las acometidas de dicho sector.

Además de estos cuatro contadores, los cuales se hallan a la salida de sus correspondientes depósitos, se dispone de otros dos contadores, uno en cada estación de bombeo. Asimismo, existen dos contadores más: uno situado en el centro social; para contabilizar el suministro de agua al polideportivo, y el otro localizado en el polígono industrial.

Un total de ocho contadores con los cuales se recopila el consumo trimestral de toda la población. Claro está que en cada vivienda o edificio existe el contador propio de la comunidad, pero el interés general reside en conocer el consumo que queda mostrado en los contadores principales. La siguiente imagen muestra la localización exacta de los 8 contadores.

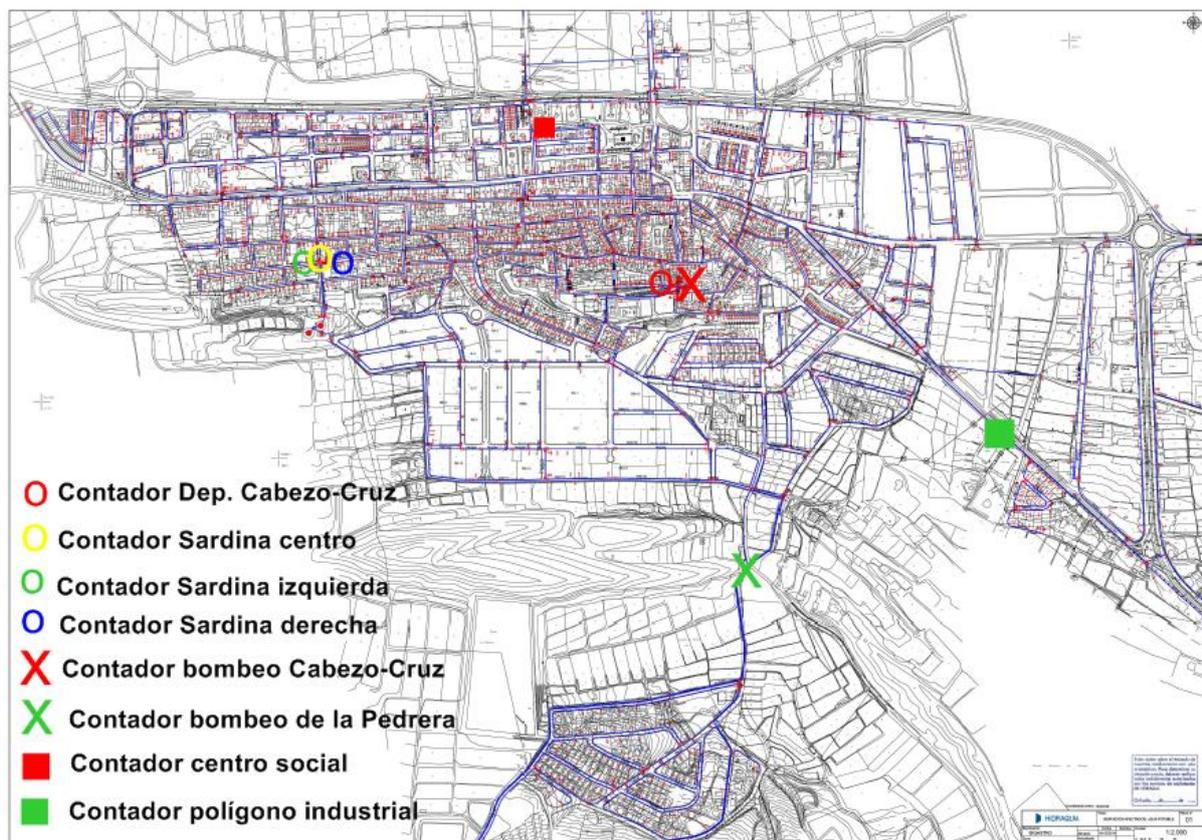


FIGURA 21. LOCALIZACIÓN DE LOS CONTADORES

3 PROCEDIMIENTO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELO

3.1 DATOS DE PARTIDA

La empresa de gestión de aguas Hidraqua ha facilitado algunos detalles sobre la red de abastecimiento de agua de Bigastro mediante los cuales se ha conseguido ajustar un modelo real de la situación actual de dicha red.

Se cuenta con el trazado de tuberías en AutoCad cuyas capas muestran los diferentes diámetros y materiales con los que han sido construidas las tuberías. Algunas de las tuberías dibujadas en este plano se encuentran en la capa "red_en_baja", lo cual indica que por esas conducciones ya no existe circulación de agua y por lo tanto se han suprimido. Otras pocas tuberías forman parte de la capa "sin_definir" lo que significa que no se tiene conocimiento de las características de la tubería, por lo tanto se les ha colocado las mismas características de cualquiera de las tuberías adyacentes.



FIGURA 22. PLANO RED DE TUBERÍAS EN AUTOCAD

3.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO EN EPANET

Para realizar la carga del modelo y las correspondientes simulaciones en la red, se ha empleado un software libre conocido que permite llevar a cabo estas acciones en período extendido. Se trata del programa EPANET, con él se pueden crear modelos matemáticos para diferentes sistemas de distribución de agua potable así como evaluar el comportamiento del citado modelo para analizar posibles defectos en la red e ir solucionándolos iterativamente. El período de trabajo con el que se ha desarrollado este trabajo ha sido de 24 h.

3.2.1 Conversión del fichero de AutoCad

Una vez modificado el plano de AutoCad, se ha procedido a transportarlo desde este programa a EPANET, o lo que es lo mismo, cambiar el formato de .DXF a .INP. Para llevar a cabo esta acción se ha necesitado un programa intermedio, Epacad, una herramienta gratuita desarrollada por el Instituto Tecnológico del Agua (ITA) de la Universidad Politécnica de Valencia. Este programa soluciona pequeños problemas de conexión de tuberías y mantiene las mismas características que disponía la red en AutoCad para facilitar el trabajo posterior. Además de ello, realiza en sencillos pasos la transformación de formatos .DXF a .INP. Para llevar a cabo esta transformación, en un principio se adjuntaba el fichero .DXF, posteriormente se seleccionaban las capas que se querían tener visibles e inmediatamente se podía guardar con el formato .INP con el que ya se podía trabajar en EPANET.

Al abrir el modelo en EPANET tras haber realizado todos los pasos anteriores, se encontró una red con la misma estructura que se tenía en AutoCad e idénticas características. Puesto que en AutoCad sólo se tenía conocimiento de la longitud de las tuberías, al transportarlo a EPANET se mantuvieron estas mismas longitudes, careciendo la red de cualquier otra particularidad. En la opción de longitud-automática se marcó Sí para que, en el caso de realizar cualquier modificación posterior de las tuberías, éstas mantuviesen una longitud acorde a la alteración ejecutada.

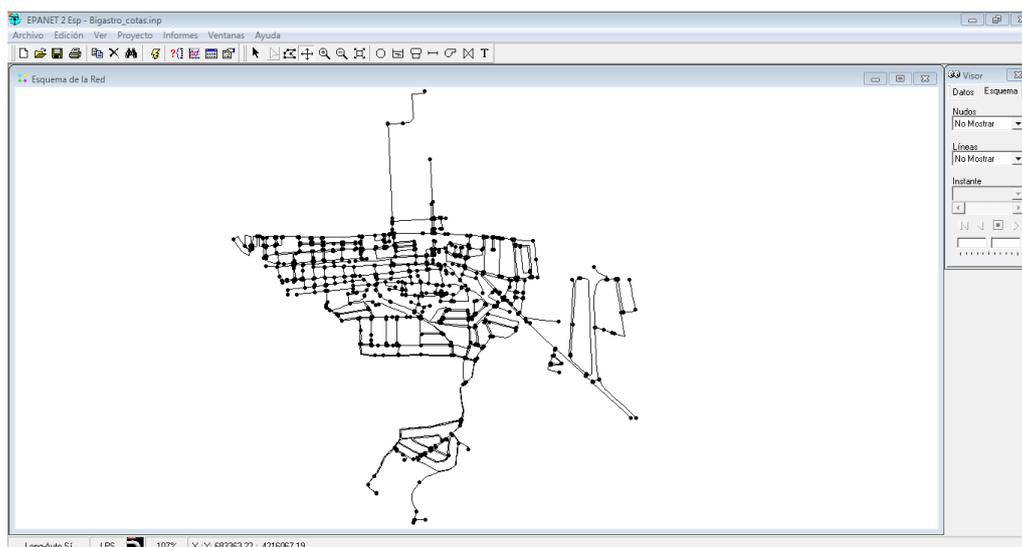


FIGURA 23. TRAZADO DE TUBERÍAS INICIAL

3.2.2 Corrección de tuberías

El primer paso realizado fue colocar los diferentes depósitos en sus respectivos lugares con una conexión de manera aproximada, con el fin de tener un primer modelo en el que realizar cambios. Acto seguido se procedió a modificar las propiedades de las tuberías, esto es, proporcionarles un diámetro y una rugosidad. Puesto que la rugosidad depende del material y hay materiales, como FUD y FBA, en los que coinciden algunos diámetros, no fue tan fácil colocar la rugosidad en las tuberías que tenían el mismo diámetro pero diferente material. Para estos casos, se introdujo el diámetro a la vez que la rugosidad. Para el resto de tuberías que disponían de un mismo diámetro para un mismo material, la rugosidad se introdujo una vez finalizada la introducción de todos los diámetros.

En las capas de AutoCad estaban registrados todos los diámetros y materiales de cada tubería, por lo que resultaba fácil identificar la tubería y su diámetro así como su material. Para el caso general, se seleccionó con la herramienta 'seleccionar región', como aparece en la Figura 24, el máximo número de tuberías que poseían el mismo valor de diámetro y posteriormente se modificó el diámetro desde la opción 'editar grupo'. Este proceso se fue realizando hasta conseguir cambiar el diámetro de todas las tuberías por su valor correcto. Para las tuberías que se encontraban en una posición compleja en el plano o que no disponían de más tuberías con las mismas características al lado, se introdujo una a una el valor del diámetro.

A la hora de introducir las rugosidades, se seleccionó todo el plano y desde la opción editar grupo, se fueron insertando las rugosidades con su valor correspondiente en función del diámetro, pues la mayoría de los diámetros eran únicos para un material. Una vez introducidos diámetros y rugosidades, las tuberías ya estaban listas.

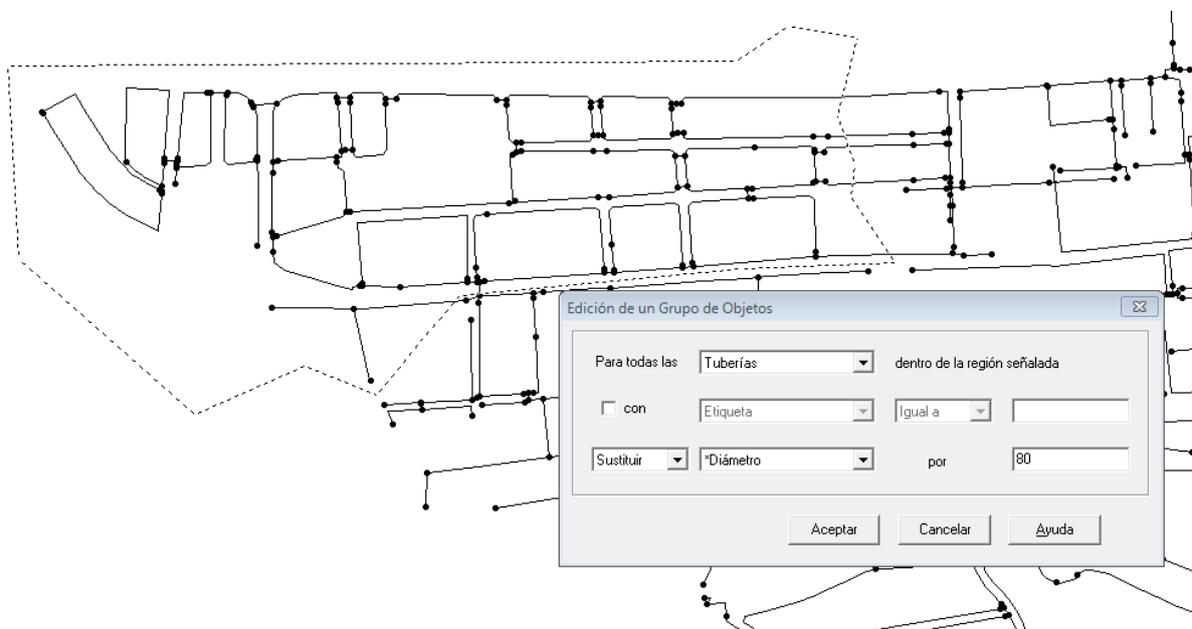


FIGURA 24. SELECCIÓN DE UNA REGIÓN

3.2.3 Separación de sectores

Anteriormente se ha comentado que la red de distribución de aguas está separada en cuatro áreas o sectores, tres corresponden al depósito Los Sardinas y el restante es el sector al que abastece el depósito Cabezo-Cruz. Para delimitar estos sectores e impedir que confluyan caudales que discurren por las tuberías de diferentes sectores, se cerraron, mediante válvulas, los tramos de tuberías que separaban un sector de otro.

En el caso del sector Sardina derecha, éste está formado por dos zonas: zona Sardina derecha y zona bombeo Pedrera. Estas dos zonas también se han delimitado entre ellas ya que en un futuro se pretende reducir las franjas a las que abastece el bombeo de la Pedrera una vez se ponga en marcha el depósito La Pedrera.

Por lo tanto, la zona Sardina derecha continuará abasteciendo de igual manera, pero la zona a la que actualmente abastece el bombeo de la Pedrera variará su suministro así como su presión por lo que será de utilidad conocer los límites entre ambas zonas.

3.2.4 Asignación de cotas

Los nudos de la red disponen de tres características: cota, demanda base y curva de modulación. En el plano inicial de AutoCad se disponía de las curvas de nivel y de las cotas de cada acometida, datos reales que resultaban de utilidad para acercar el modelo de EPANET a un modelo real. Con la ayuda del tutor, se traspasaron las cotas desde AutoCad a los nudos de EPANET.



FIGURA 25. COTAS Y CURVAS DE NIVEL

3.2.5 Implementación de los puntos de alimentación

Para introducir los datos correspondientes de los depósitos se va a explicar la diferencia entre depósito y embalse. “El EMBALSE debe entenderse como una fuente inagotable de suministro.” (Soriano Javier, 2013). Por tanto, en un embalse se mantiene un nivel fijo de agua durante todo el período de cálculo. Sin embargo, difiere en que para modelarlo es necesario conocer todas las características de éste. Los parámetros por los que se define un depósito son:

- La cota de solera o altura a la que se encuentra situado el depósito en el terreno.
- El nivel mínimo de agua, la mayoría de las veces es distinto de la cota de solera ya que se suele dejar un volumen de agua residual.
- El nivel máximo de agua, que suele coincidir con la altura máxima dónde desbordaría el agua medida desde la cota de solera.
- El diámetro del depósito.

Insertar embalses permite simplificar mucho la modelación ya que sólo es necesario conocer la altura de lámina de agua. Por ello, para las primeras etapas del modelado de la red, se ha hecho uso de embalses y, una vez calibrados todos los valores se propondrá la sustitución por depósitos. La altura piezométrica de los embalses, que en EPANET se nombra como ‘Altura total’, es la suma de la cota y el nivel de agua del depósito:

$$H = z + h$$

Para obtener los niveles de agua de los dos depósitos que están en funcionamiento se ha prorrateado la lectura de niveles que se tenía registrada cada mes a lo largo del último año, y se ha introducido un valor medio para realizar el modelo.

	A	B	C	D		A	B	C	D
1	Resumen por meses				1	Resumen por meses			
2					2				
3	Elemento Genérico	DEP LOS SARDINAS			3	Elemento Genérico	DEP CABEZO CRUZ		
4	Punto Control	Altura lámina (mm)			4	Punto Control	Altura lámina (mm)		
5	Fecha inicio	mié 30/04/2014			5	Fecha inicio	mié 30/04/2014		
6	Fecha fin	jue 30/04/2015			6	Fecha fin	jue 30/04/2015		
7					7				
8		LECTURAS			8		LECTURAS		
9	Total	148556.07			9	Total	88921.37		
10	Máximo	13846.07			10	Máximo	8125.18		
11	Mínimo	430.31			11	Mínimo	271.96		
12	Media	11427.39			12	Media	6840.105385		
13	Meses	Lect. Act.			13	Meses	Lect. Act.		
14		abril 2014	430.31		14		abril 2014	271.96	
15		mayo 2014	13,215.37		15		mayo 2014	8,125.18	
16		junio 2014	12,989.80		16		junio 2014	8,093.59	
17		julio 2014	12,380.49		17		julio 2014	7,750.15	
18		agosto 2014	12,801.45		18		agosto 2014	7,938.42	
19		septiembre 2014	13,062.69		19		septiembre 2014	7,190.18	
20		octubre 2014	13,846.07		20		octubre 2014	7,713.04	
21		noviembre 2014	12,589.68		21		noviembre 2014	7,707.74	
22		diciembre 2014	12,920.50		22		diciembre 2014	7,500.55	
23		enero 2015	13,117.62		23		enero 2015	7,642.30	
24		febrero 2015	11,048.78		24		febrero 2015	6,757.37	
25		marzo 2015	12,097.23		25		marzo 2015	7,560.37	
26		abril 2015	8,056.08		26		abril 2015	4,670.52	
27					27				
28	PROMEDIO	12,343.81	12.3 mca		28	PROMEDIO	7,387.45	7.4 mca	
29					29				

FIGURA 26. NIVEL DE AGUA EN LOS DEPÓSITOS. DEP. SARDINAS (IZQDA.) Y DEP. CABEZO-CRUZ (DRCHA.)

3.2.6 Bombeo inicial

Para realizar una primera aproximación al bombeo de la instalación, se ubicaron embalses en los puntos en los que existía un bombeo. Esta sustitución se ha efectuado con la finalidad de simplificar el modelo en las primeras fases del ajuste de la red, ya que un embalse es un elemento cuyo manejo es más fácil que una bomba.

Con esta aclaración y siguiendo el mismo procedimiento que para obtener los niveles de agua en los depósitos, se ha obtenido el nivel de agua que, posteriormente, se ha introducido a los embalses que simulaban bombas.

Resumen por meses			
Elemento Genérico	DEP BMB CABEZO CRUZ		
Punto Control	Altura lámina (mm)		
Fecha inicio	mié 30/04/2014		
Fecha fin	jue 30/04/2015		
	LECTURAS		
Total	39710.22		
Máximo	3574.99		
Mínimo	111.06		
Media	3054.632308		
Meses	Lect. Act.		
abril 2014	111.06		
mayo 2014	3,482.19		
junio 2014	3,341.01		
julio 2014	3,272.71		
agosto 2014	3,574.99		
septiembre 2014	3,411.54		
octubre 2014	3,511.72		
noviembre 2014	3,374.78		
diciembre 2014	3,494.97		
enero 2015	3,527.54		
febrero 2015	3,054.01		
marzo 2015	3,374.34		
abril 2015	2,179.36		
PROMEDIO	3,299.93	3.3 mca	

FIGURA 27. NIVEL AGUA BOMBEO CABEZO-CRUZ INICIAL

La compañía de aguas Hidraqua tan solo disponía de datos del bombeo Cabezo-Cruz pero cabe mencionar, por otro lado, que la misma empresa facilitó información sobre la altura de bombeo de la Pedrera, manteniendo siempre un nivel de presión constante de 8 Kp/cm^2 , o lo que es lo mismo, 82 mca.

3.3 CARGA HIDRÁULICA DEL MODELO

3.3.1 Demanda base

Se ha expresado la demanda base desde dos perspectivas. En primer lugar la demanda base de los depósitos es el volumen que suministra cada uno de ellos en un día a los sectores a los que abastece. Este caudal suministrado se expresa en $\text{m}^3/\text{día}$. Por otro lado, se habla de demanda base por acometida como aquella que es inyectada a cada nudo de la red en un instante dado. Este caudal inyectado se expresa en l/s y es el que se introduce en EPANET.

Para la obtención de la demanda base de los depósitos se disponía de una base de datos actualizados del consumo registrado de cada mes o de cada día a lo largo de un año entero para cada depósito. Se ha optado por seleccionar la opción del consumo registrado por día para que el consumo medio fuese lo más exacto posible.

Como ya se ha citado anteriormente, el depósito Los Sardinas se encargaba de abastecer a tres sectores distintos delimitados por válvulas cerradas. Así pues, se conocía también el consumo registrado de cada uno de esos tres sectores, por lo que se optó por sacar el promedio de consumo diario de cada sector y sumarlos para obtener el consumo diario del depósito del que partían. Con esta acción se pretendía conseguir nuevamente valores más cercanos al promedio exacto.

En el Anexo 1 se muestran fragmentos de las tablas con las que se ha obtenido el valor medio del caudal suministrado al día en cada sector, en el caso del depósito “Los Sardinas”; y el valor medio del caudal suministrado al día en el depósito “Cabezo-Cruz”. Tras realizar el prorrateo de los datos mencionados y clasificando las demandas obtenidas por sectores, se ha llegado a obtener la siguiente distribución de caudales.

		Demanda base de cada sector ($\text{m}^3/\text{día}$)	Demanda base del depósito ($\text{m}^3/\text{día}$)	Demanda base total de Bigastro ($\text{m}^3/\text{día}$)
Depósito “Los Sardinas”	Zona DERECHA	245	815	1075
	Zona CENTRO	141		
	Zona IZQUIERDA	429		
Depósito “Cabezo-Cruz”	260			

TABLA 3. DEMANDA BASE POR SECTOR

Con ayuda del plano de AutoCad, que muestra en sus capas los diferentes sectores, se ha contabilizado cuáles eran los nudos que pertenecían a cada zona (zonas sardina derecha, sardina centro, sardina izquierda y zona cabezo-cruz).



FIGURA 28. SECTORIZACIÓN DE NUDOS

De nuevo, con la opción de EPANET de 'selección' y 'editar grupo', se ha clasificado cada nudo en función de la zona a la que pertenecían, poniéndoles una etiqueta para hacer más fáciles las modificaciones posteriores. Las etiquetas eran respectivamente: DCHA, CTR, IZQ y CAB.

Finalmente, se contabilizó un total de 932 nudos repartidos en:

- 273 nudos en sector Sardina derecha
- 69 nudos en sector Sardina centro
- 345 nudos en sector Sardina izquierda
- 245 nudos en sector Cabezo-Cruz

Puesto que las unidades de medida de caudal predeterminadas de EPANET están expresadas en l/s, se hizo la conversión de $\text{m}^3/\text{día}$ a l/s. Mediante la expresión siguiente:

$$\text{demanda} \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{24 \cdot 3600 \text{ s}}$$

Para saber el caudal inyectado por acometida se realizó la división de la demanda de cada zona entre el número de acometidas de dicha zona obteniendo estos valores:

ZONA	Demanda base (l/s)	Nº acometidas	Caudal inyectado por acometida (l/s)
Sardina Derecha	2.835	273	0.01038
Sardina Centro	1.632	69	0.02365
Sardina Izquierda	4.965	345	0.0144
Cabezo-Cruz	3	245	0.012245

TABLA 4. DEMANDA BASE POR ACOMETIDA

El caudal inyectado por acometida era el caudal que se introducía a los nudos de la red que, gracias a tenerlos clasificados con una etiqueta, resultó más fácil introducirlos al no tener que hacerlo uno a uno.

3.3.2 Curvas de modulación

Las curvas de modulación o patrones de demanda están formados por una serie de factores que son función del volumen consumido en un cierto lugar a unas horas determinadas. El objetivo de incluir las curvas de modulación en el modelo reside en la necesidad de analizar el comportamiento de la red en cada período de tiempo para estudiar la presión de los nudos en las horas de máximo y mínimo consumo.

Para apreciar el progreso de presiones a lo largo de un día se trabaja en un período de 24h y se inserta un factor por cada hora. Se disponía nuevamente de una base de datos con factores de modulación en períodos de 15 minutos aproximadamente durante el día de máximo y mínimo consumo, tanto para las zonas que abastece el depósito Los Sardina como para las que abastece el depósito Cabezo-Cruz. El día de mínimo consumo durante 2014 fue el 2 de febrero y el de máximo consumo el 26 de julio.

Con objeto de tener un factor de demanda por hora, se promedió todos los factores de una misma hora y así sucesivamente con cada hora del día (Ph; promedio por hora). En segundo lugar se promedió los valores de los promedios de cada hora para obtener un promedio total del día (Pt; Promedio total). Finalmente, para obtener el factor de demanda por hora se realizó la división de cada promedio por hora (Ph) entre el promedio total (Pt).

Al disponer de datos de los dos días más extremos del año, se elaboraron dos escenarios distintos, es decir, dos curvas de modulación, para los nudos a los que abastecía cada depósito.

Las siguientes tablas muestran el factor de demanda de cada período para cada escenario y para cada depósito, así como sus curvas correspondientes:

▪ **CURVA DE MODULACIÓN “LOS SARDINA” INVIERNO**

Promedio total	6.673	
Período	Promedio por hora	Factor de Modulación
1	3.840	0.58
2	2.653	0.40
3	2.597	0.39
4	1.687	0.25
5	2.056	0.31
6	2.373	0.36
7	4.946	0.74
8	7.327	1.10
9	8.847	1.33
10	9.357	1.40
11	7.311	1.10
12	9.766	1.46
13	9.842	1.47
14	9.781	1.47
15	10.107	1.51
16	7.806	1.17
17	7.465	1.12
18	7.083	1.06
19	8.135	1.22
20	8.489	1.27
21	8.632	1.29
22	7.464	1.12
23	7.797	1.17
24	4.793	0.72

TABLA 5 . FACTORES DE MODULACIÓN LOS SARDINA INVIERNO

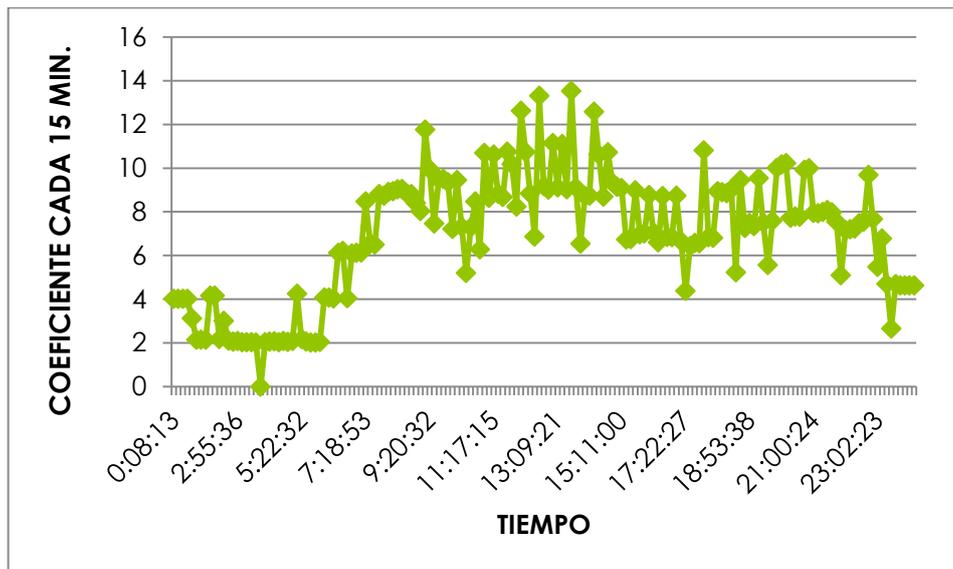


FIGURA 29. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA INVIERNO

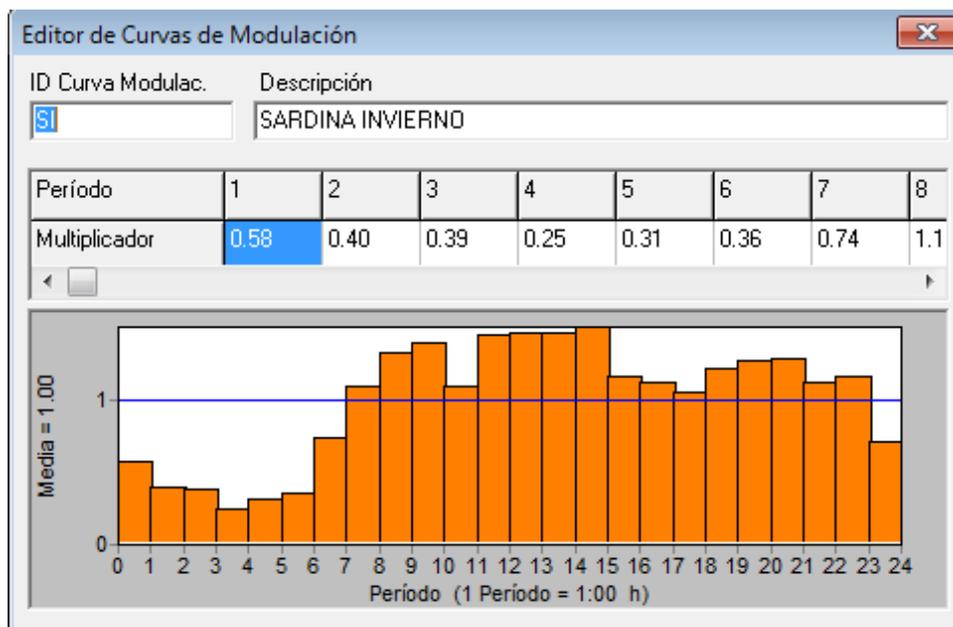


FIGURA 30. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET LOS SARDINA INVIERNO

Durante la época de invierno, los puntos de consumo que son abastecidos por el depósito Los Sardin presentan su mínimo consumo de 3h a 4h de la mañana alcanzando su máximo consumo de 14h a 15h de la tarde. El Anexo 2 muestra los resultados equivalentes de las curvas de modulación para los casos restantes, es decir, para SARDINA VERANO, CABEZO INVIERNO Y CABEZO VERANO.

En conclusión, las curvas de modulación de los nudos que son abastecidos tanto por el depósito Los Sardin como por el de Cabezo-Cruz, son prácticamente iguales, lo cual muestra que ambos sectores se comportan de forma parecida en cuanto a caudal consumido, en proporción al volumen inyectado por cada depósito.

3.3.3 Balance hidráulico de la red

Mediante el balance hidráulico se pretende plasmar la diferencia entre el caudal inyectado desde el depósito hacia las tuberías y el caudal que realmente se consume en cada acometida, obteniendo así el caudal de fugas y el rendimiento volumétrico de la red.

Los datos de los que se disponía para verificar el caudal consumido estaban clasificados por las zonas en las que se ubicaban contadores generales. Estos datos se encontraban registrados en períodos trimestrales organizados según la fecha de la lectura y la identificación de acometida.

Al obtener un valor trimestral del caudal consumido, se realizó un promedio de los 4 trimestres de un año en cuestión, en particular el 2014, obteniendo entonces el caudal consumido cada 3 meses. De ahí se calculó el consumido en un mes y finalmente el consumido al día en una zona en concreto.

En el capítulo 2.2 se han descrito las zonas a las que abastecía cada uno de los tres sectores del depósito Los Sardinias, así como las zonas a las que suministraba el depósito Cabezo-Cruz. Teniendo conocimiento de esta distribución se procedió a unificar el caudal consumido de las distintas zonas de un mismo sector para obtener un rendimiento volumétrico único por sector, mostrándose el resultado a continuación:

DEPÓSITO "CABEZO-CRUZ"			
ZONAS	CABEZO-CRUZ	POLÍGONO	BOMBEO CABEZO-CRUZ
Consumo (m ³ /3 meses)	8911.75	6540	954.25
Consumo (m ³ /mes)	2970.58	2180	318.08
Consumo (m ³ /día)	95.83	70.32	10.26
Consumo (m ³ /día)	174.41		
Inyectado (m ³ /día)	260		
η_v	0.68		

TABLA 6. BALANCE HIDRÁULICO DEL DEPÓSITO CABEZO-CRUZ

DEPÓSITO "LOS SARDINA"					
SECTORES	Sardina Derecha		Sardina Centro	Sardina Izquierda	
ZONAS	Sardina Derecha	Bombeo Pedrera	Sardina centro	Sardina Izquierda	Centro social
Consumo (m ³ /3 meses)	14484.50	6233.75	11304.25	17740.25	15829
Consumo (m ³ /mes)	4828.17	2077.92	3768.08	5913.42	5276.33
Consumo (m ³ /día)	155.75	67.03	121.55	190.76	170.20
Consumo (m ³ /día)	222.78		121.55	360.96	
Inyectado (m ³ /día)	245		141	429	
η_v	0.91		0.86	0.84	
Consumo (m ³ /día)	705.29				
Inyectado (m ³ /día)	815				
η_v	0.87				

TABLA 7. BALANCE HIDRÁULICO DEL DEPÓSITO LOS SARDINA

A la vista de los resultados, se admite un caudal de fugas en torno al 15 – 30% dependiendo del depósito. El origen de estas fugas puede deberse a diversos factores como aquéllas que se forman en las juntas o uniones de las tuberías, pérdidas debido a roturas o grietas en tuberías desgastadas o debido a una baja presión.



4 RESULTADO DE LAS SIMULACIONES. PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

Una vez confeccionado el modelo matemático se ha procedido a la simulación. A lo largo de este capítulo se comentan diferentes inconvenientes que han ido surgiendo con cada modificación de la red, así como problemas existentes en la instalación actual.

4.1 DIFICULTADES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

4.1.1 Verificación de abastecimientos

Desde el primer momento que se comenzó a modelar la red de aguas de Bigastro, los técnicos aseguraron que el sector Sardina derecha suministraba a un punto final de consumo cuyo caudal se aspiraba por el bombeo de la Pedrera y éste a su vez suministraba a las zonas D6 y D5 y a Villas Andrea, territorios descritos en el apartado 2.4.1.

Sin embargo, en el archivo de AutoCad en el que se disponían las tuberías clasificadas por las zonas a las que abastecían no constaba que el bombeo de la Pedrera suministrase a las zonas D6 y D5, simplemente aparecía el abastecimiento a Villas Andrea.

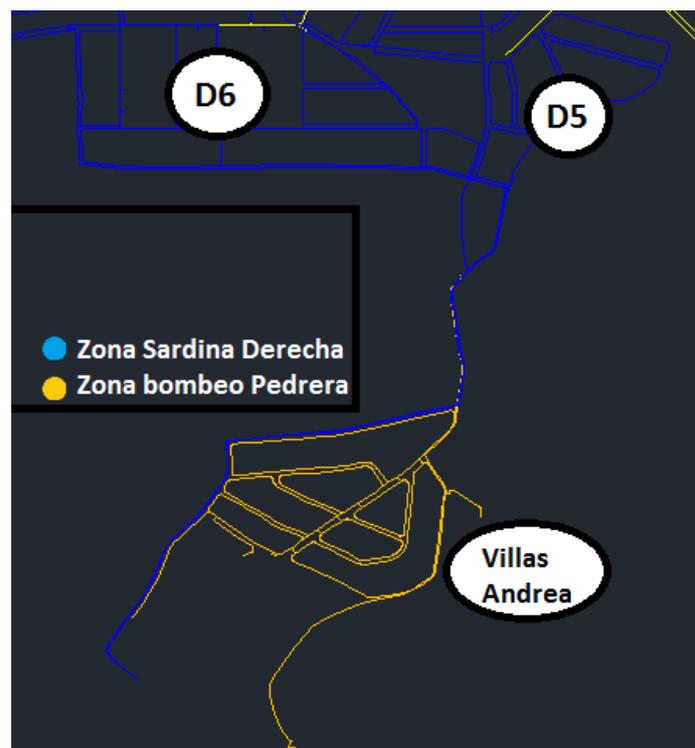


FIGURA 31. ERROR EN ABASTECIMIENTO BOMBEO PEDRERA

Tras observar esta incongruencia, se avisó a los técnicos de Hidraqua para reafirmar que la hipótesis inicial que mantenían sobre el abastecimiento del bombeo de la Pedrera era correcta y que era este plano el que creaba confusión.

4.1.2 Conexión de tuberías

El primer problema encontrado en EPANET ha sido la desconexión de un grupo de nudos.

```
Informe de Estado
Página 1  Fri i$> 12 i$>Jun i$> 2015 a las 20: i$>03: i$>19
*****
*          E P A N E T          *
*   Análisis Hidráulico y de Calidad   *
*   para Redes de Distribución de Agua   *
*   Version 2.0                       *
*   * Trad.español: Grupo REDHISP,UPV   *
*   * Financ: G. Aguas de Valencia *
*****

Día y hora de comienzo del análisis: Fri i$> 12 i$>Jun i$> 2015 a las 20: i$>03
0:00:00: Sistema mal condicionado en el nudo n108
0:00:00: El Embalse 2 se está vaciando
0:00:00: El Embalse 3 se está vaciando
0:00:00: El Embalse 4 está cerrado
0:00:00: El Embalse 5 se está vaciando
0:00:00: El Embalse 6 se está vaciando

AVISO: El Nudo n219 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n218 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n217 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n98 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n99 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n220 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n128 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n125 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n124 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: El Nudo n127 está desconectado a las 0:00:00 hrs
AVISO: Otros 25 nudos están desconectados a las 0:00:00 hrs
Error del Sistema 110: no se pueden resolver las ecuac. hidráulicas del sistema.
Día y hora de finalización del análisis: Fri i$> 12 i$>Jun i$> 2015 a las 20: i
```

FIGURA 32. INFORME DE ESTADO 1

Mediante la herramienta 'Buscar' de EPANET, se averiguó a qué zona pertenecían los nudos del mensaje y resultó que todos se encontraban en la zona D5.

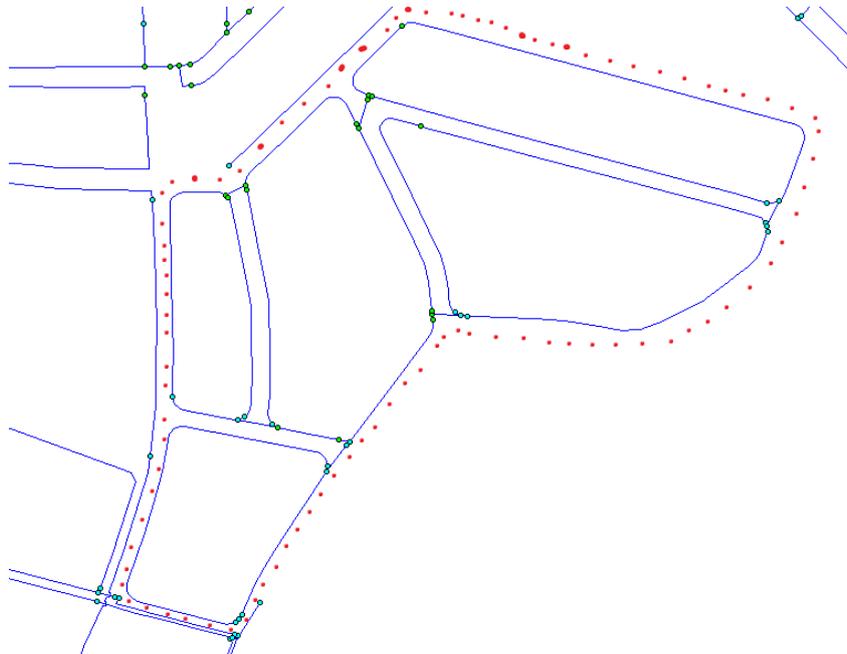


FIGURA 33. ZONA DESCONECTADA DE LA RED

El área marcada con puntos rojos en la Figura 33 especifica la zona exacta que se encontraba desconectada de la red. Se puede observar que ninguna tubería conecta con esta región.

Tras una primera visita a Hidraqua, se confirmó que esa zona que se encontraba desconectada, realmente debía estar conectada a una tubería de 300 mm de diámetro.

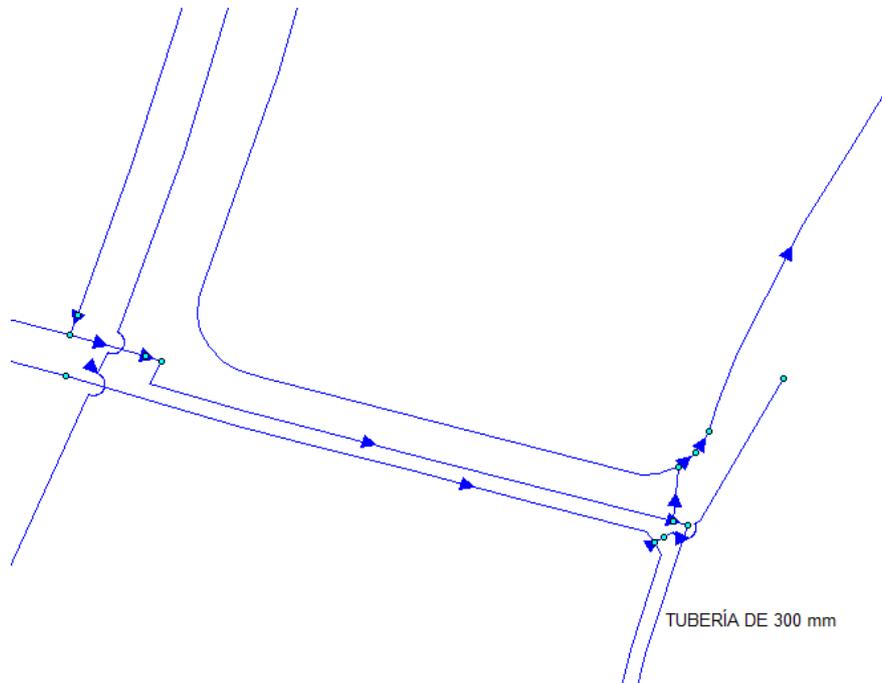


FIGURA 34. CONEXIÓN CON TUBERÍA DE 300 MM

La tubería de 300 mm más cercana al bombeo de la Pedrera era la p400. Una vez conexionada la tubería de 300 mm al territorio D5, se accedió a los datos que se tenían de abastecimiento de las diferentes zonas y se constató que tanto esa zona D5 como la de su izquierda, que es la zona D6, se abastecían del bombeo de la Pedrera. Sin embargo, dicho bombeo no aparecía conectado por ningún lado a estas dos zonas.

En este caso ya se sabía que esa desconexión era un error por parte de los planos, pues anteriormente ya había surgido otro problema al comprobar los abastecimientos de cada zona. Lo que no se conocía era por medio de qué tubería se conectaba el bombeo con las zonas D5 y D6. Se intuía que sería mediante la tubería p400 ya que era la única que se conectaba a estas dos zonas, aun así se prefirió verificar esa suposición y tras confirmarla se llevó a cabo la conexión del bombeo con dicha tubería. Tanto la tubería que conectaba la zona D5 con la tubería p400, como la tubería que conectaba el bombeo de la Pedrera con la tubería p400 se dimensionaron igual que la de 300 mm, pero con la longitud automática por defecto.

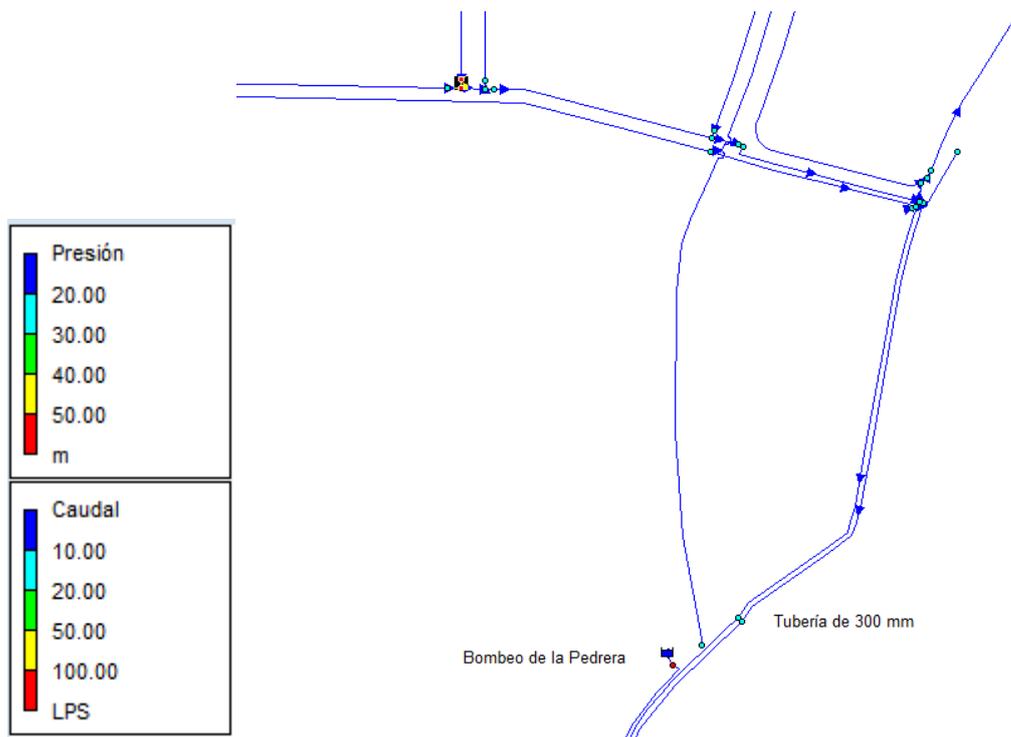


FIGURA 35. SITUACIÓN ANTES DE LA CONEXIÓN BOMBEO-TUBERÍA

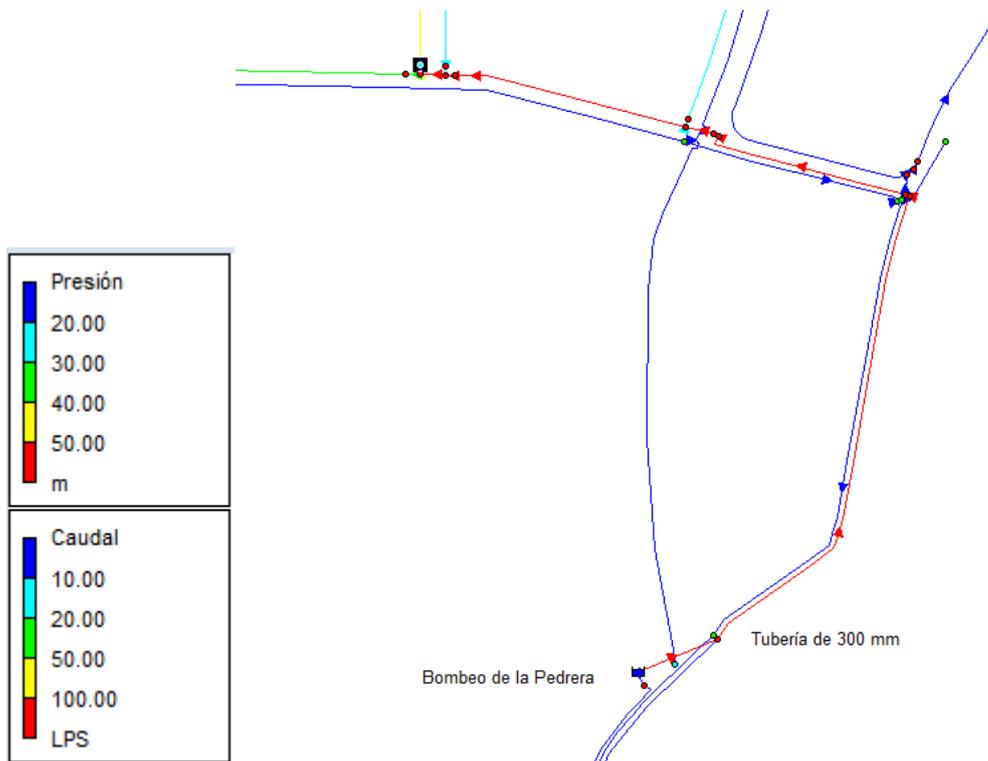


FIGURA 36. SITUACIÓN DESPUÉS DE LA CONEXIÓN BOMBEO-TUBERÍA

4.1.3 Velocidades excesivas en tuberías

Al realizar la conexión del bombeo de la Pedrera a la tubería de 300 mm se observaba, a priori, un aumento de velocidades en las tuberías que abastecían a toda la zona D6.

Por otro lado, mencionar que las velocidades en las tuberías no deberían exceder los 2 m/s, pues velocidades grandes implica que el agua empuje con más fuerza y se erosionen antes las tuberías. Sin embargo, en el modelo aparecían valores de hasta casi 5 m/s considerando, por tanto, que ocurría algún problema en la red.

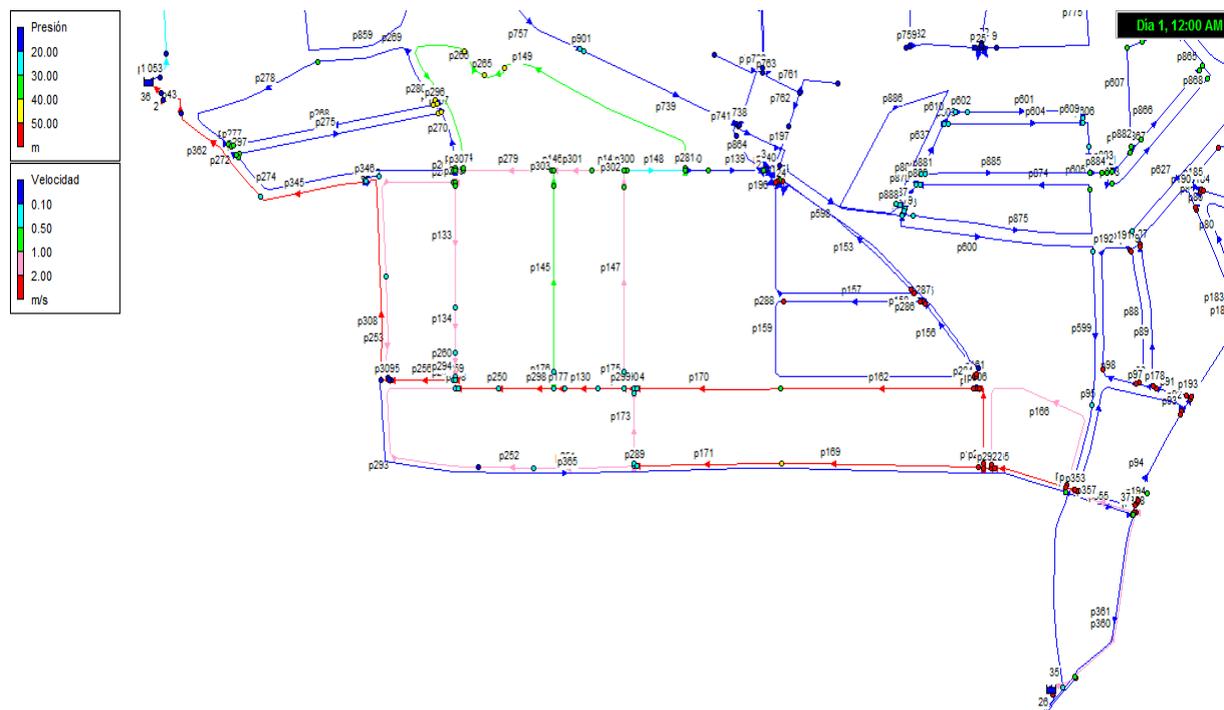


FIGURA 37. TUBERÍAS CON EXCESO DE VELOCIDAD

Además se recurrió a las tablas que genera EPANET para concretar exactamente las tuberías a las que les sucedía este fenómeno y el valor de la velocidad de cada una de estas tuberías. Estas tablas se representan en la Figura siguiente.

ID Línea	Velocidad m/s
Tubería p262	1.67
Tubería p295	1.67
Tubería p283	1.69
Tubería p166	1.69
Tubería p164	1.69
Tubería p263	1.72
Tubería p307	1.72
Tubería p302	1.82
Tubería p147	1.82
Tubería p175	1.82
Tubería 2	2.38
Tubería p43	2.39
Tubería p362	2.39
Tubería p345	2.39
Tubería p308	2.39
Tubería p258	2.63
Tubería p250	2.63
Tubería p298	2.63
Tubería p289	2.89
Tubería p171	2.89
Tubería p169	2.89
Tubería p168	2.89

ID Línea	Velocidad m/s
Tubería p257	3.09
Tubería p177	3.19
Tubería p130	3.19
Tubería p299	3.19
Tubería 36	3.73
Tubería p174	3.95
Tubería p170	3.95
Tubería p162	3.95
Tubería p305	3.95
Tubería p306	3.95
Tubería p163	3.95
Tubería p167	3.95
Tubería p255	4.30
Tubería p256	4.30
Tubería p259	4.30
Tubería p282	4.31
Tubería p165	4.31
Tubería p290	4.36
Tubería p309	4.80
Tubería p292	4.82
Tubería p352	4.82
Tubería p353	4.83

FIGURA 38. LISTADO DE TUBERÍAS CON VELOCIDADES EXCESIVAS

Finalmente se comprobó que el problema residía únicamente en las tuberías de la zona D6. Así pues, el siguiente paso fue seguir la dirección de las flechas que partían del bombeo de la Pedrera y comprobar hasta dónde llegaba su abastecimiento ya que las zonas de suministro estaban claras: Villas Andrea, D5 y D6, únicamente.

En la Figura 36 se aprecia que la zona D5 se encuentra conectada únicamente al bombeo de la Pedrera por la tubería de 300 mm y aislada por completo del resto de zonas. Por otro lado, en la misma imagen se ve que esa misma tubería de 300 mm se prolonga también hacia la dirección donde está situada Villas Andrea. En la siguiente imagen se ve la bifurcación de la tubería de 300 mm en otras dos, una de ellas se conecta directamente a la urbanización Villas Andrea:

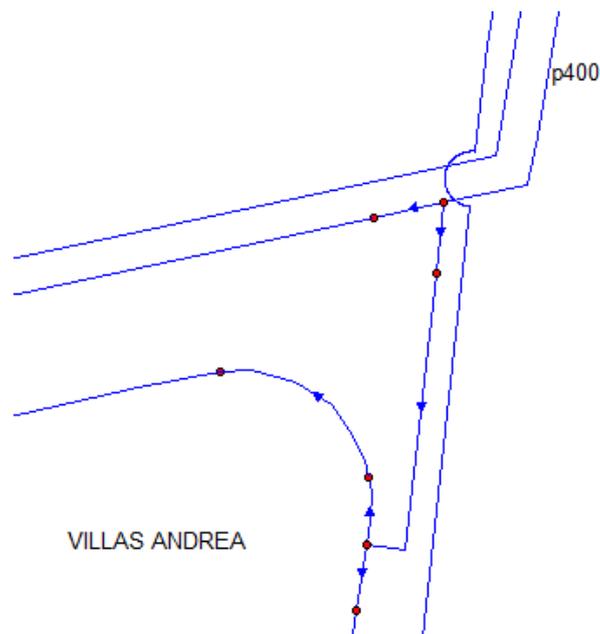


FIGURA 39. CONEXIÓN P400 CON VILLAS ANDREA

Sólo quedaba comprobar que la zona D6 se encontraba conectada únicamente por la tubería de 300 mm y que esta zona estuviese aislada del resto de zonas. Mediante las válvulas cerradas instaladas en la parte derecha del territorio D6, se aislaba esta zona de la zona Sardina derecha. Pero en la parte izquierda del D6 se observaba que una tubería (p309) se conectaba con otra de 250 mm, siendo esta última la que, según los planos, suministraba agua desde el bombeo de los Sardinias hasta la zona de ocio La Pedrera, situada muy cercana a Villas Andrea.

Por lo tanto, el agua debería circular desde el bombeo de los Sardinias hasta la zona de ocio La Pedrera por la tubería de 250 mm. No obstante, la circulación del agua se producía desde la intersección de p309 con la tubería de 250 mm hacia el bombeo, cuando debía ser al contrario y, además, la tubería p309 revelaba que había una conexión con la zona D6 y el bombeo de los Sardinias.

Puesto que toda la zona D6 se encontraba conectada únicamente a la tubería de 300 mm y aislada del resto de zonas salvo por la tubería p309, se procedió a cerrar provisionalmente esta tubería para comprobar si era ésta la desencadenante de los problemas de velocidad en todo el D6. En las siguientes imágenes se ve la diferencia de situación con la tubería p309 abierta o cerrada.

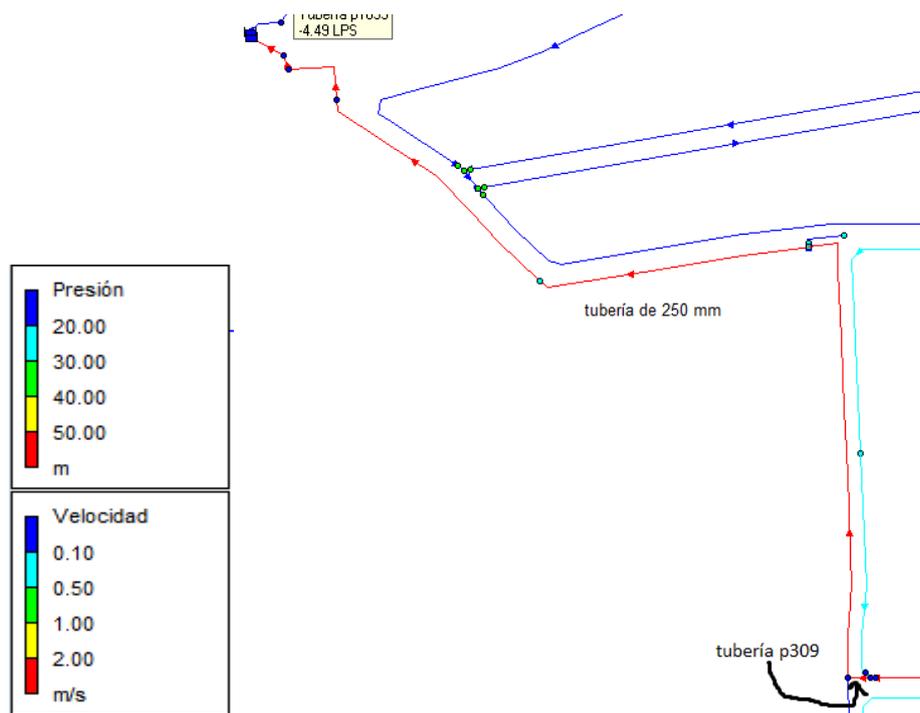


FIGURA 40. SITUACIÓN CON P309 ABIERTA

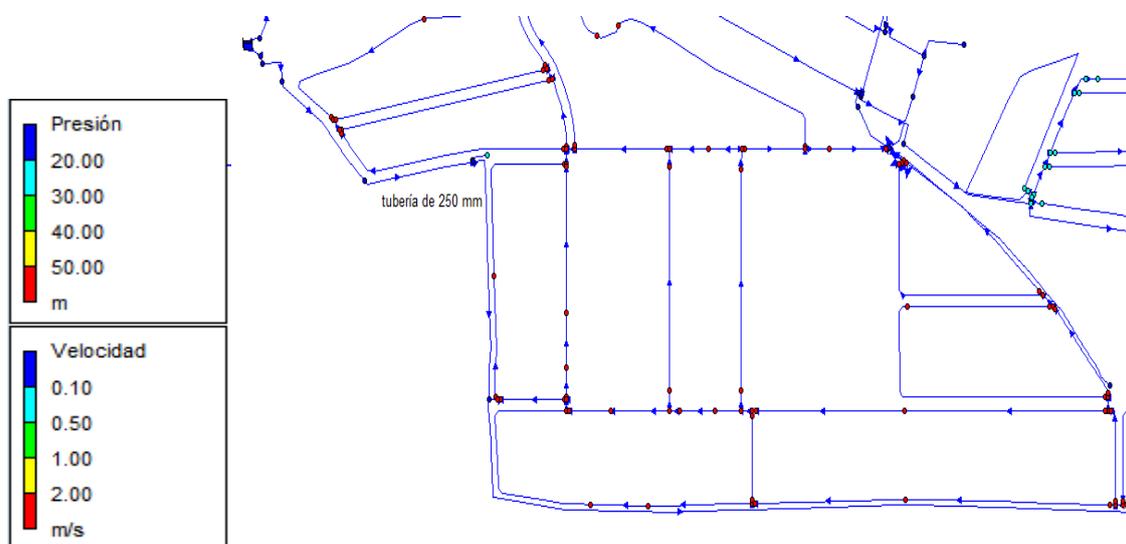


FIGURA 41. SITUACIÓN CON P309 CERRADA

Tras esta modificación se observaba que las velocidades de las tuberías obtenían valores razonables. De todos modos, no se consideraba que se hubiese solucionado el problema, pues se ha tenido que cerrar una tubería para forzar que el sentido de circulación del agua fuese el correcto. Por ello se consideraba una medida provisional, hasta que se encontrase una solución factible.

4.1.4 Insuficiencia de datos del bombeo Los Sardinias

En las primeras fases del modelado de la red, se ha asumido que dentro del recinto en el que se encontraba el depósito Los Sardinias se hallaba también el bombeo de los Sardinias, independiente del depósito pero que, en un principio, se encontraba en funcionamiento, pues al inicio del trabajo se desconocía que el bombeo estuviese inhabilitado.

Una vez resuelta la conexión del D6 con el bombeo de la Pedrera, se enfocaron los siguientes pasos a resolver la conexión entre el bombeo y el depósito de Los Sardinias. Llegados a este punto se percató que no se disponía de ninguna base de datos en la que apareciese el bombeo de los Sardinias y tampoco la conexión exacta con su correspondiente depósito. Es por ello que, se volvió a concertar una cita con los técnicos de Hidraqua para consultar este asunto entre otros.

Durante la reunión se explicó que el bombeo de los Sardinias realmente no estaba en funcionamiento y que por tanto, las tuberías que se conectaban al bombeo también estaban en desuso. Así pues se eliminó tanto el bombeo como las tuberías que circulaban desde el citado depósito hasta la zona de ocio La Pedrera. Esto explicaba por qué la tubería p309 necesitaba estar cerrada, pues esta tubería no debía estar conectada a nada y así se mantenía aislada la zona D6.

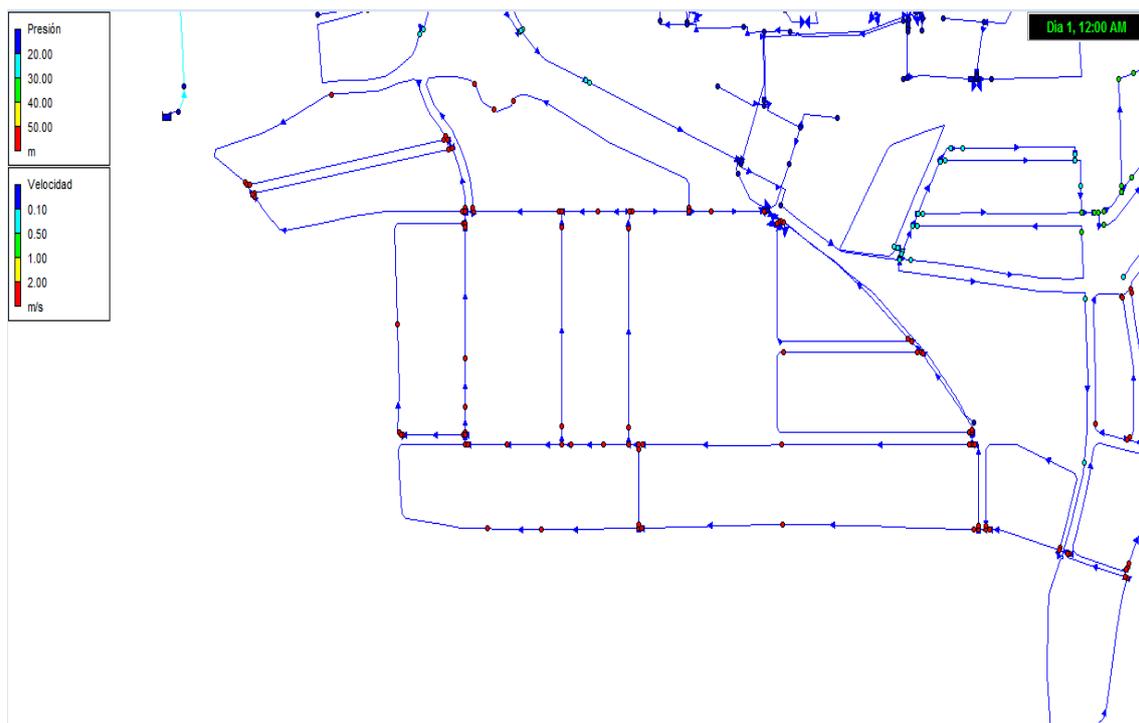


FIGURA 42. INDEPENDENCIA DEL BOMBEO DE LOS SARDINIAS CON EL D6

4.1.5 Conexión entre depósito y bombeo Cabezo-Cruz

A la hora de modelar correctamente todo el sector Cabezo-Cruz se necesitaba partir de una instalación correcta tanto del depósito como del bombeo. Pero los diferentes planos de los que se disponía para averiguar la distribución exacta tanto del depósito como del bombeo se contradecían.

Las imágenes siguientes corresponden a diferentes planos aportados por la empresa Hidraqua en los que se localiza el emplazamiento del bombeo Cabezo-Cruz pero, dependiendo del plano, no queda claro el lugar exacto donde se sitúa el depósito Cabezo-Cruz. Según la leyenda de capas de AutoCad, los dos círculos corresponden a depósitos y el otro elemento encerrado en un cuadrado se reconoce fácilmente que era la bomba. Para conocer la posición exacta del depósito, se hizo uso de otro plano.

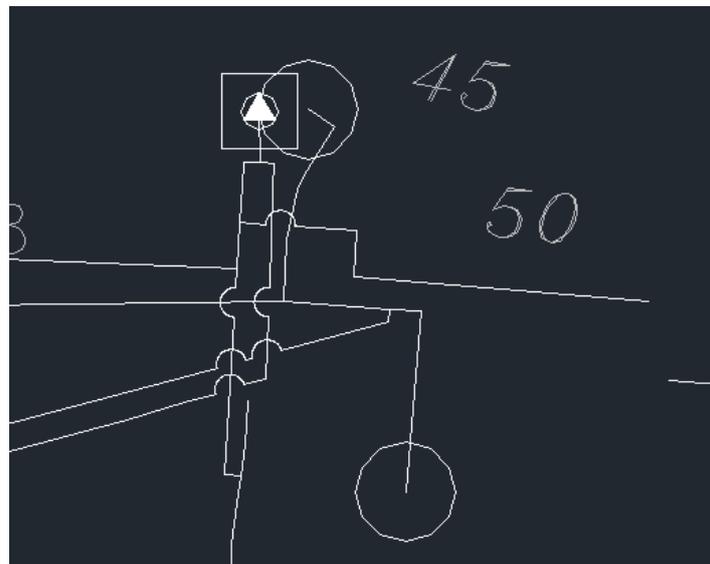


FIGURA 43. POSICIÓN DEL DEPÓSITO "CABEZO-CRUZ" EN AUTOCAD

La siguiente imagen muestra la ubicación del depósito Cabezo-Cruz a la derecha del bombeo, por lo que se entendería que de los dos círculos anteriores, el depósito real sería el adyacente a la bomba.

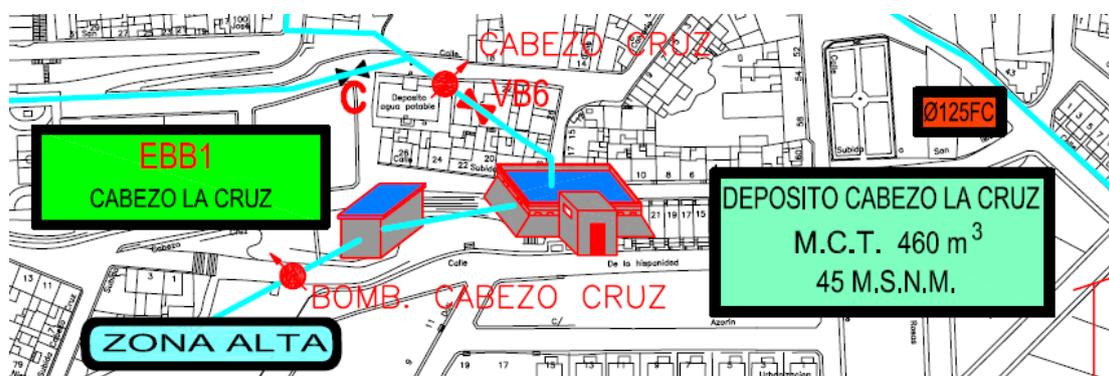


FIGURA 44. ESQUEMA DE INSTALACIÓN DEL DEPÓSITO CABEZO-CRUZ

De ser así, al simular el modelo, nos darían presiones muy bajas, e incluso negativas, como se ve en la imagen siguiente, en varias calles abastecidas tanto por el depósito como por el bombeo Cabezo-Cruz, pues la altura piezométrica del depósito seguiría siendo inferior a la cota de muchas acometidas:

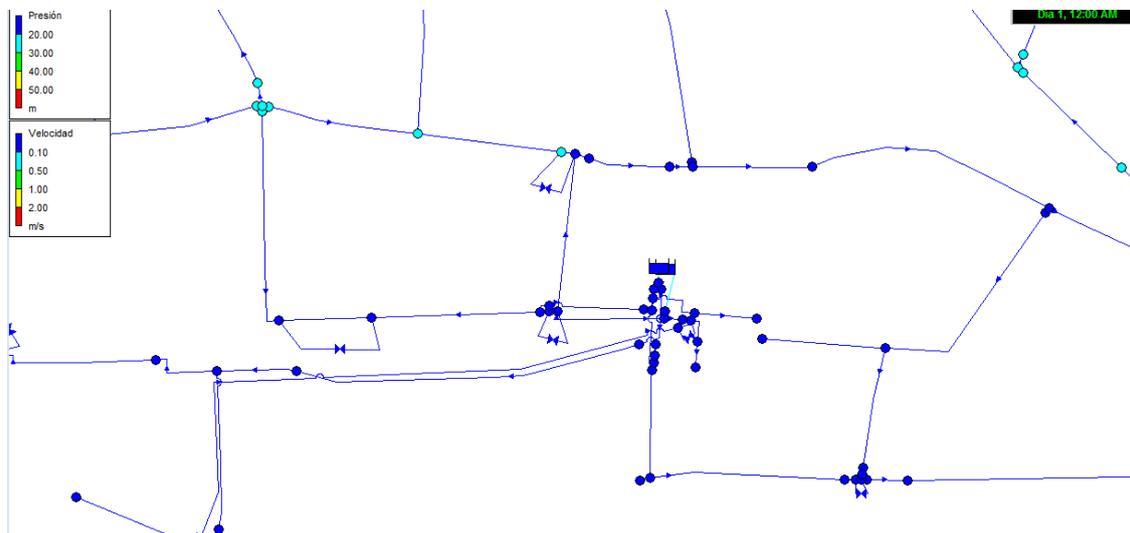


FIGURA 45. CASO 1) DEPÓSITO JUNTO A BOMBEO

Finalmente, en esta última imagen aparecen de nuevo dos círculos (rojos) que, según la leyenda del PDF, simbolizan 2 depósitos, situados de la misma manera que en el plano de AutoCad pero que, gracias a que el callejero de Bigastro estaba adjunto en el plano, con el nombre de las calles y de los emplazamientos importantes, se ha podido comprobar que realmente el depósito Cabezo-Cruz no es el contiguo a la bomba sino el que se encuentra más separado en el plano.

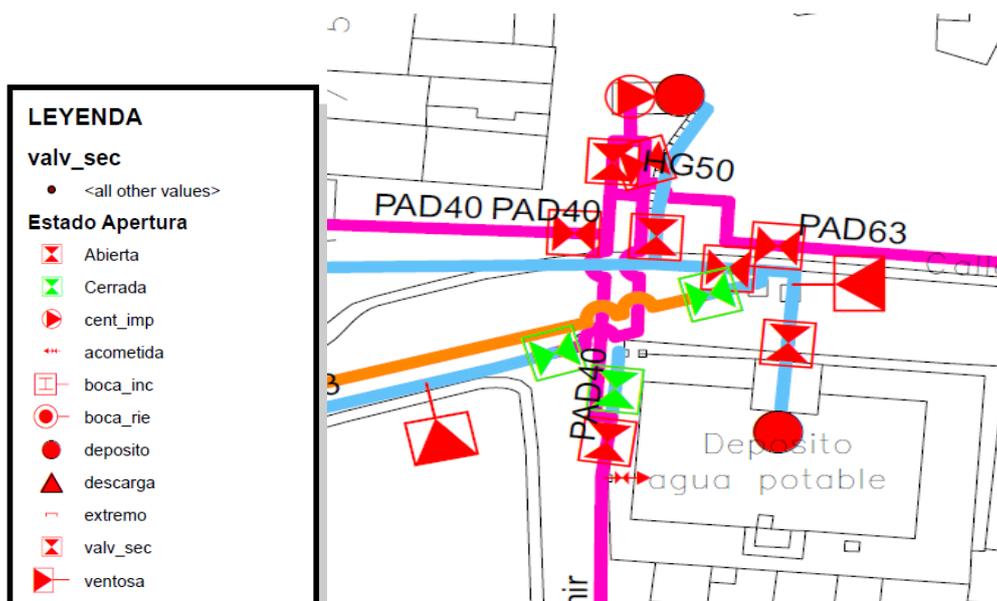


FIGURA 46. POSICIÓN DEL DEPÓSITO "CABEZO-CRUZ" EN PDF

Para asegurarse que se estaba en lo cierto, en una de las visitas a la empresa Hidraqua, se preguntó a los técnicos sobre la posición exacta de este depósito, confirmando la sospecha que se tenía hasta entonces. En la realidad, este bombeo está unos metros más abajo que el depósito y se accede a él por medio de una escalera.

Para este segundo caso en el que la bomba se encontraba unos metros por debajo del depósito, se seguían obteniendo presiones bajas y negativas en unas pocas calles cercanas a la instalación pero, eran sólo las calles a las que abastecía el bombeo Cabezo-Cruz, por lo que se resolvió una parte del problema pero no entero, ya que faltaba descifrar a qué se debían esas presiones negativas en los puntos de abastecimiento del bombeo Cabezo-Cruz.

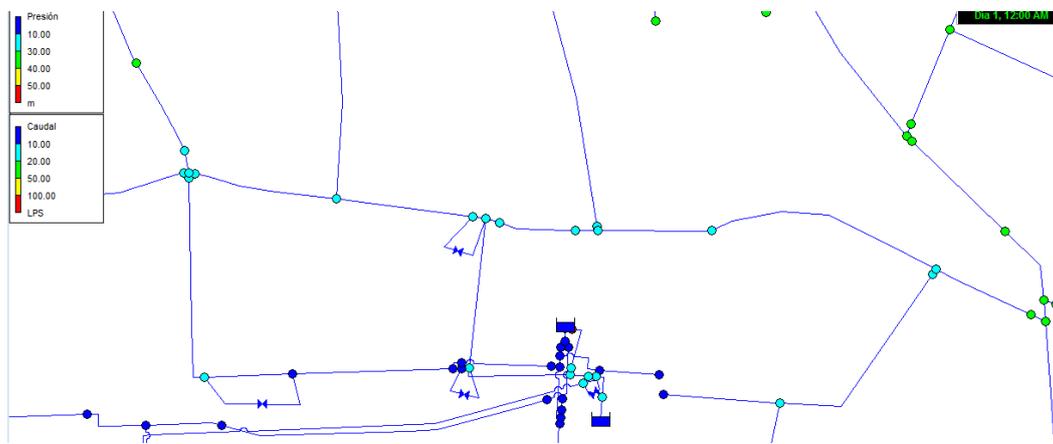


FIGURA 47. CASO 2) DEPÓSITO POR ENCIMA DEL BOMBEO

4.1.6 Presiones negativas

Como puede observarse en la Figura 47, los puntos de acometida a los que abastecía el bombeo Cabezo-Cruz correspondían con valores inferiores a 10 mca e incluso se han encontrado problemas de presiones negativas en esa zona (Ver Figura 48).

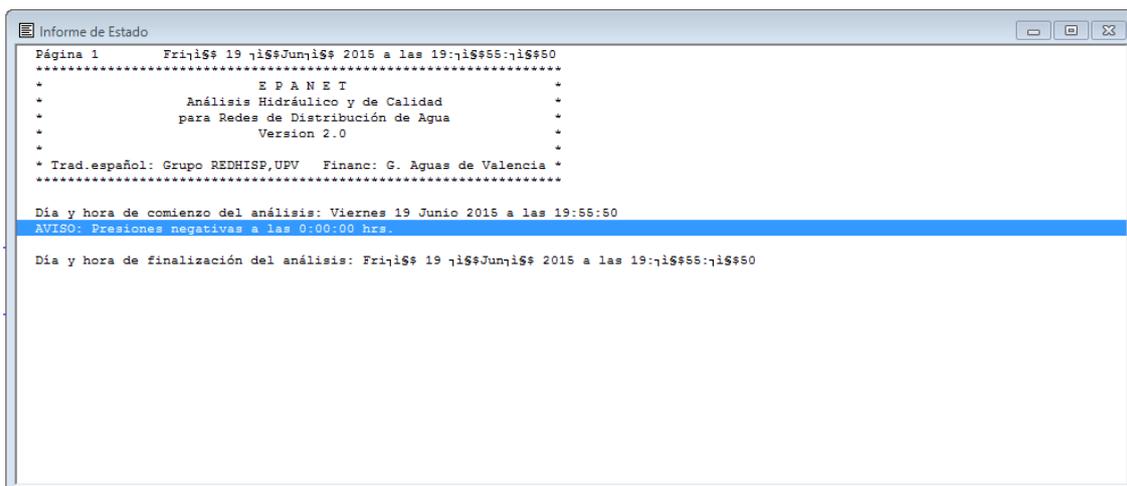


FIGURA 48. PRESIONES NEGATIVAS

Para corregir estos errores, se preguntó a los técnicos de Hidraqua si ese valor que aparecía en la base de datos de 3.3 mca era correcto. Se confirmó posteriormente que efectivamente era un error y en realidad los datos estaban en centímetros y no en milímetros como aparecía en un principio (ver Figura 27).

Resumen por meses			
Elemento Genérico	DEP BMB CABEZO CRUZ		
Punto Control	Altura lámina (cm)		
Fecha inicio	mié 30/04/2014		
Fecha fin	jue 30/04/2015		
	LECTURAS		
Total	39710.22		
Máximo	3574.99		
Mínimo	111.06		
Media	3054.632308		
Meses	Lect. Act.		
abril 2014	111.06		
mayo 2014	3,482.19		
junio 2014	3,341.01		
julio 2014	3,272.71		
agosto 2014	3,574.99		
septiembre 2014	3,411.54		
octubre 2014	3,511.72		
noviembre 2014	3,374.78		
diciembre 2014	3,494.97		
enero 2015	3,527.54		
febrero 2015	3,054.01		
marzo 2015	3,374.34		
abril 2015	2,179.36		
PROMEDIO	3,299.93	33 mca	

FIGURA 49. NIVEL AGUA BOMBEO CABEZO-CRUZ REAL

Tras rectificar el error, se pasaba de tener un nivel de bombeo de 3.3 mca a 33 mca, lo cual resultaba un valor de presión más coherente para una bomba. Además, al corregirlo en EPANET, desaparecieron los valores de presiones negativas en los puntos de acometida, resolviendo al fin el problema que había con este bombeo.

4.2 INCONVENIENTES DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL DEL SISTEMA

4.2.1 Presiones

Presiones bajas

A pesar de haber solucionado el problema de presiones negativas, se seguía encontrando en la red puntos de abastecimiento con presiones inferiores a 10 mca, siendo el requerimiento mínimo de unos 15 mca.

Las acometidas con presiones por debajo de 10 mca correspondían con los puntos más altos y periféricos del pueblo. Por la altitud y la situación geográfica en el plano, se intuyó y posteriormente se comprobó que estos puntos de abastecimiento equivalían a puntos de abastecimiento de fuentes urbanas y la piscina, existentes en la zona de ocio La Pedrera. Puesto que esta zona está situada a una cota entre 110 y 115 metros sobre el nivel del mar y es abastecida por el bombeo de la Pedrera con una presión total de 120.9 mca. La máxima presión que se podría obtener sería de 10 mca.

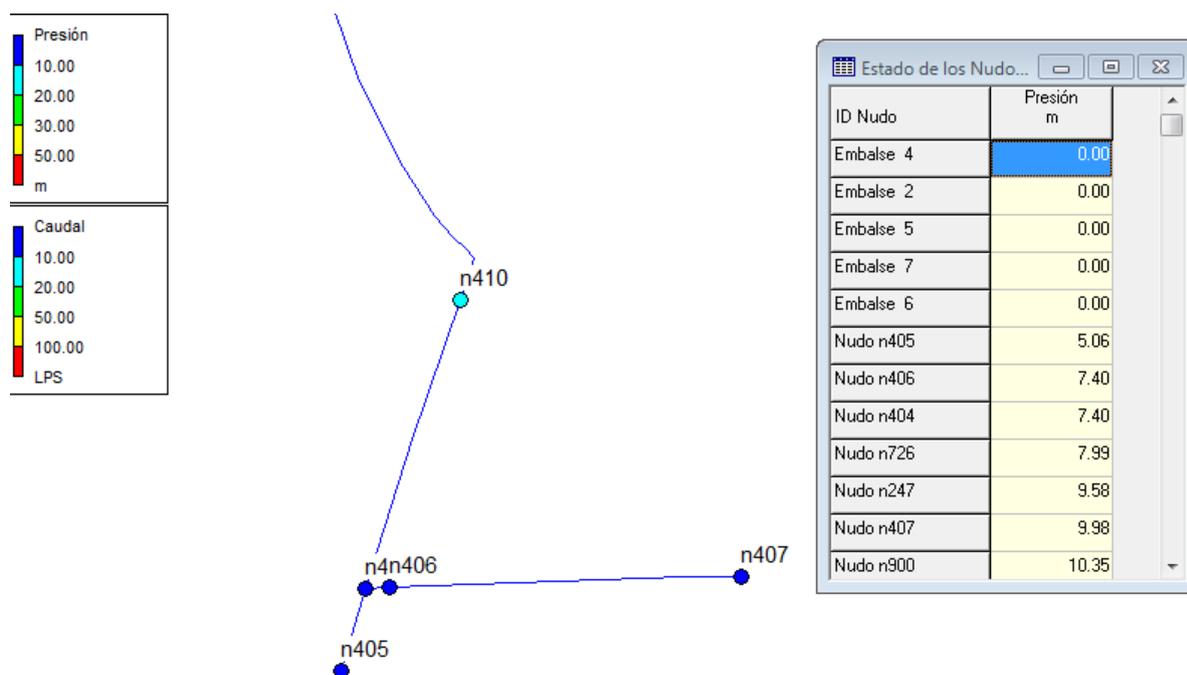


FIGURA 50. PRESIONES BAJAS EN ZONAS APARTADAS

El principal problema de bajas presiones es el recién comentado, no obstante, los pocos nudos a los que suministra el bombeo Cabezo-Cruz también poseen valores muy bajo de presión, el cual ronda entre los 10 y los 17 mca. Se verificó finalmente con los técnicos de Hidraqua, que los valores que se habían obtenido se correspondían con los reales.

Presiones elevadas

Por otra parte, se ha observado también, que casi todas las zonas a las que abastecía el bombeo de La Pedrera se caracterizaban por tener presiones muy elevadas, superiores incluso a 80 y 90 mca. Los valores más altos de presión correspondían con las acometidas de la zona D5, pues es la zona más baja a la que suministraba este bombeo con cotas inferiores a 35 metros (ver Figura 51).

Así pues, una vez más, se preguntó a los técnicos si eran presiones coherentes y, nuevamente confirmaron que eran presiones admisibles en esas zonas. Por tanto, se ha advertido un problema en cuanto a presiones muy elevadas, pero que, en el modelo real son correctas, por lo que se intentará poner solución en los siguientes apartados.

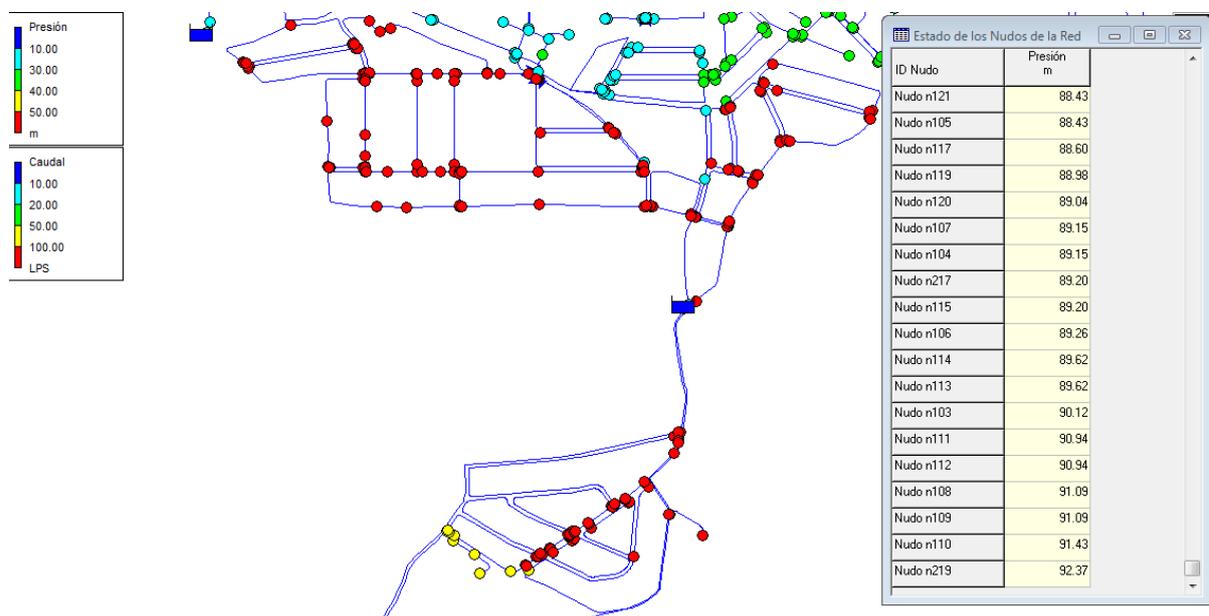


FIGURA 51. PRESIONES ELEVADAS EN ACOMETIDAS DEL BOMBEO PEDRERA

Las siguientes imágenes corresponden con el mapa de presiones, o isóneas, en Bigastro, para las horas de mayor y menor consumo. En él se observan diferentes zonas en función de la presión que se localice en cada una de ellas.

De forma genérica, se ha realizado el análisis de presiones durante el período de invierno, ya que es la época en la que más habitantes residen en el pueblo. El período de mayor consumo o mínima presión se encontraba sobre las 14 h de la tarde y el de menor consumo o máxima presión sobre las 3 h de la mañana.

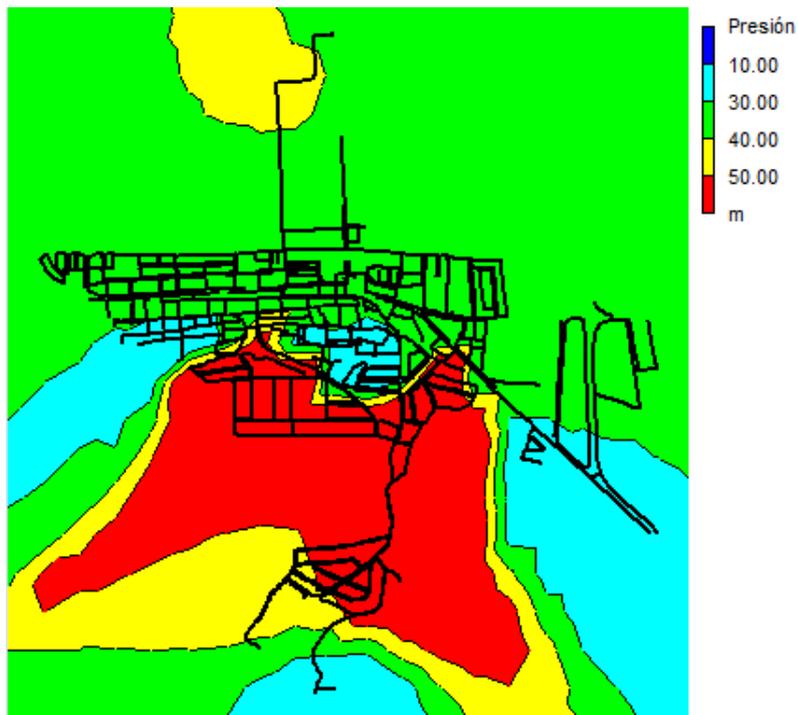


FIGURA 52. MAPA DE ISOLÍNEAS A LAS 14H DE LA TARDE (MÍNIMA PRESIÓN)

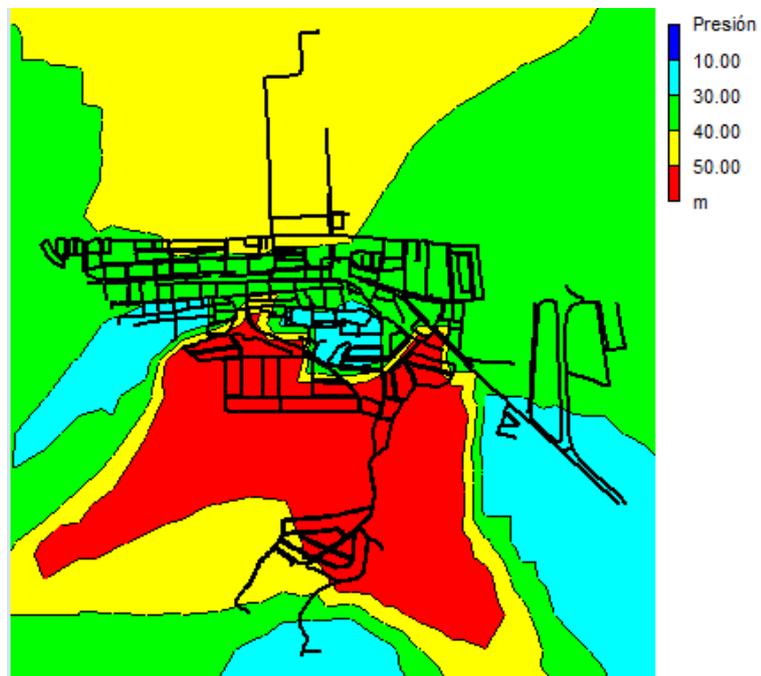


FIGURA 53. MAPA DE ISOLÍNEAS A LAS 3H DE LA MAÑANA (MÁXIMA PRESIÓN)

4.2.2 Velocidades

Para el municipio de Bigastro cuya extensión de terreno es, en gran medida, territorio llano, se aconsejan velocidades entre 0.1 y 1.5 m/s.

Se recomiendan velocidades mayores a 0.1 m/s por razones de calidad de agua. Si la velocidad es muy lenta, se favorece deposiciones calcáreas, pues el agua lleva una disolución de carbonato cálcico en suspensión que acabaría depositándose. Así mismo, repercutiría también sobre la concentración mínima de agente desinfectante (cloro), disminuyendo su contenido cuanto más lento avance el agua. Hay que garantizar que a todos los nudos llegue una concentración mínima de cloro y por ende, debería revisarse la velocidad de circulación del agua.

Por otro lado, se aconseja tener velocidades por debajo de 1.5 m/s para evitar las pérdidas de carga por rozamiento en tuberías. La ecuación de Darcy-Weisbach hace referencia a estas pérdidas:

$$h_c = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * G}$$

Conociendo el factor de fricción, la longitud y el diámetro de la tubería, se pueden controlar las pérdidas de carga modificando la velocidad de la tubería.

El criterio para seleccionar las tuberías principales ha sido escoger aquellas de las que se ramifican tuberías secundarias. Esta información se ha extraído de las tablas de EPANET y con ella, se ha calculado tanto la velocidad media de todas las tuberías, como la velocidad media de las tuberías principales, obteniéndose velocidades medias de estos valores:

VELOCIDAD MEDIA (m/s)	
DE TODAS LAS TUBERÍAS	0.02
DE LAS TUBERÍAS PRINCIPALES	0.12

TABLA 8. VELOCIDAD MEDIA DE LAS TUBERÍAS

En general, se aprecian velocidades bajas en las tuberías. Esta situación es normal en modelos de redes.

4.2.3 Pendiente hidráulica

La pendiente hidráulica o pérdidas unitarias se definen como “las pérdidas de presión en un fluido debido a la fricción de las partículas del fluido entre sí y contra las paredes de la tubería que las conduce.” (Wikipedia, 2015)

EPANET proporciona los valores de pérdidas unitarias en mca/km. Las pérdidas de carga se limitan a 5mca/km para conseguir una circulación más eficiente. Como se ha comentado anteriormente, la ecuación de Darcy-Weisbach calcula el valor de pérdidas unitarias en los tramos de tuberías.

En el modelo de abastecimiento de Bigastro se han obtenido valores usuales de pérdidas hidráulicas y, al igual que en el caso de velocidades, se ha elaborado una tabla con los valores medios de pérdidas unitarias tanto a nivel de tuberías radiales, como de tuberías principales, obteniéndose los siguientes resultados:

PÉRDIDAS UNITARIAS MEDIAS	
DE TODAS LAS TUBERÍAS	0.03
DE LAS TUBERÍAS PRINCIPALES	0.34

TABLA 9. PÉRDIDAS UNITARIAS MEDIAS EN LAS TUBERÍAS

Se advierte un valor medio de las pérdidas unitarias muy pequeño por lo que, en principio, no repercuten negativamente en la calidad del abastecimiento.

5 MEDIDAS DE MEJORA DEL FUNCIONAMIENTO ACTUAL

5.1 REDUCCIÓN DEL RANGO DE PRESIONES

El objetivo de esta medida de mejora es conseguir presiones homogéneas en Bigastro y establecer un rango de presiones usual a la vez que seguro en todas las zonas.

5.1.1 Aumento de presiones en zonas de bajas presiones

Para realizar el análisis de bajas presiones, se ha estudiado el funcionamiento de la red para el factor de demanda más elevado de las curvas de modulación, lo que equivaldría a la mínima presión. En este análisis se han suprimido momentáneamente las curvas de modulación de todos los nudos y, en el apartado de 'Factor de demanda', dentro de las opciones hidráulicas de EPANET, se ha utilizado un factor de 1.5, correspondiendo este factor al máximo obtenido en las curvas de modulación.

Realizando una clasificación de tuberías por pérdidas unitarias mediante las tablas que genera EPANET, se ha observado que todas las conducciones que componen la red poseían pérdidas por debajo de 5mca/km, salvo una, la p957 que tenía unas pérdidas mayores de 30 m/km. Para esta tubería se ha aumentado el diámetro y se ha conseguido así reducir las pérdidas unitarias.

El resto de tuberías no han podido mejorar sus pérdidas puesto que ya eran relativamente bajas. Esto se debe a que las pérdidas unitarias por km (J) ya son lo suficientemente bajas al poseer un diámetro considerable y, este valor de pérdidas multiplicado por la longitud de la tubería, cuyos valores no llegan en ningún caso a 1 km, da como resultado un valor de pérdidas unitarias por fricción muy bajo:

$$h_f = J * L$$

Por tanto, no ha sido necesario aumentar los diámetros de las tuberías, salvo en el caso de la p957.

Por otra parte, se ha observado que las presiones de algunos nudos que abastecen el depósito Cabezo-Cruz tenían presiones bajas. Para los nudos más cercanos al depósito no se podía aumentar su presión, pues la diferencia de alturas del depósito a los nudos era inferior a 15 m, siendo este el máximo valor de presión que podrían alcanzar.

Para aumentar la presión de otras acometidas abastecidas por el depósito Cabezo-Cruz se ha instalado una tubería de 80 mm que conectase un nudo abastecido por el bombeo con otro nudo abastecido por el depósito, de modo que los nudos con presiones bajas de esa zona, fuesen abastecidos por el bombeo en lugar de por el depósito. Para llevar a cabo esta acción, además de instalar esta nueva tubería, se ha cerrado otras dos, para impedir que el abastecimiento del bombeo suministrase a más nudos de los necesarios lo que complicaría la instalación.

En las siguientes imágenes se ve la instalación antes y después de la modificación:

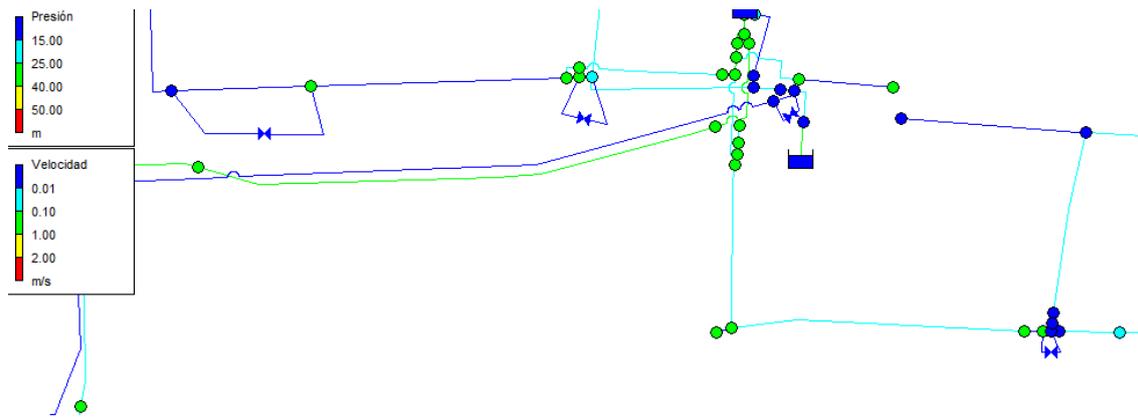


FIGURA 54. PRESIONES EN CABEZO-CRUZ ANTES DE LA MODIFICACIÓN

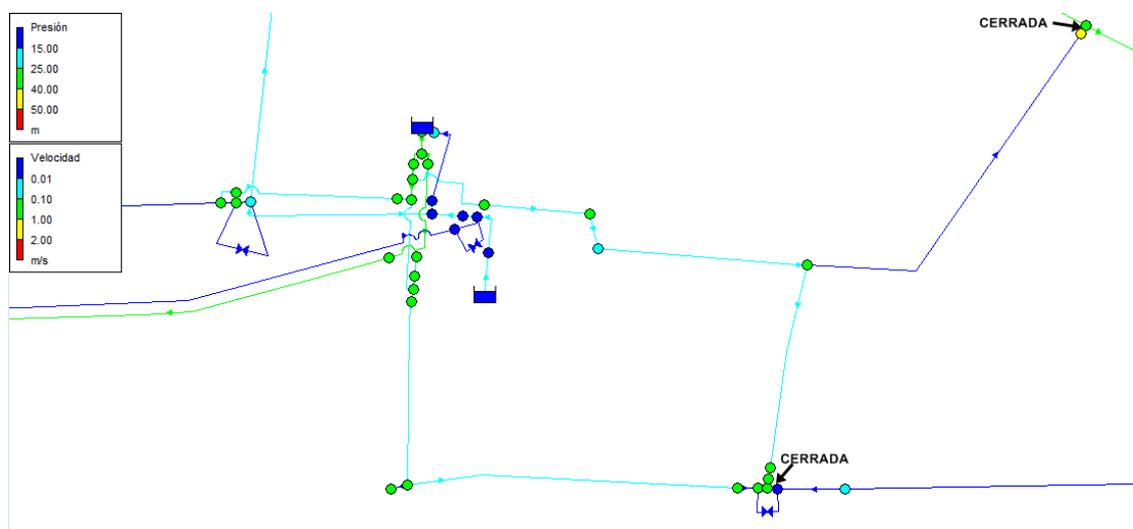


FIGURA 55. PRESIONES EN CABEZO-CRUZ DESPUÉS DE LA MODIFICACIÓN

Se ha mejorado así la presión de algunos nudos de la zona Cabezo-Cruz. El resto de nudos en azul son los situados muy cerca del depósito y cuya presión no podrá superar los 15 mca.

Solucionadas estas presiones, se ha procedido a analizar las bajas presiones existentes en la zona de ocio la Pedrera. Esta zona está situada en la zona más elevada del municipio, cuyas cotas ascienden hasta 115 m. Puesto que esta zona se abastece del bombeo de la Pedrera y el bombeo dispone de una altura total de 120.9 mca, las presiones de las acometidas de la zona de ocio se situaban en torno a 5 y 10 mca como máximo y, debido a que en estas tuberías no existían pérdidas elevadas, no había forma de aumentar estas presiones por cambios de diámetros.

La única solución posible sería disponer de un pequeño depósito o embalse destinado a suministrar exclusivamente a la zona de ocio La Pedrera, puesto que en verano es un lugar solicitado y la demanda de agua podría aumentar considerablemente.

5.1.2 Reducción de presiones en zonas de altas presiones

Las altas presiones suelen darse por la noche, por tanto se ha analizado el funcionamiento nocturno de la red. Pero en lugar de realizar el estudio a la hora de mínima presión de la curva de modulación, se ha llevado a cabo mediante el factor de demanda.

Para efectuar este análisis se han suprimido momentáneamente las curvas de modulación de todos los nudos y, en el apartado de 'Factor de demanda', dentro de las opciones hidráulicas de EPANET, se ha colocado un valor de 0.5 simulando así el período nocturno. Con ello puede observarse los nudos que tienen una presión muy superior a la máxima establecida, (suponiendo una presión máxima de 50). Estos nudos pertenecen a las zonas abastecidas por el bombeo de la Pedrera, es decir, zonas D5, D6 y urbanización Villas Andreas.

Para poner solución a las altas presiones se ha empleado el depósito La Pedrera que hasta el momento se encontraba desconectado de la red, pero que había intención de ponerlo en marcha. Por ello, se ha realizado la simulación con la conexión de este depósito. Debido a que no existían datos sobre el nivel de agua del depósito, se ha supuesto un nivel de 10 mca, que sumados a su cota de 103 m, supone una altura piezométrica en el depósito de 113 mca.

Para el llenado de este depósito se ha hecho uso de la tubería que va del bombeo de la Pedrera hasta el depósito, es decir, la tubería de 300 mm. Mediante esta tubería se ha realizado tanto el llenado del depósito desde el bombeo como el suministro del depósito a Villas Andreas y las zonas D5 y D6. Por tanto, el bombeo pasa a abastecer únicamente al depósito La Pedrera y nudos de alrededor. En primer lugar se ha eliminado la tubería 35 que conectaba el bombeo de la Pedrera con la tubería de 300 mm con la intención de impedir a este bombeo suministrar a las zonas D5 y D6.

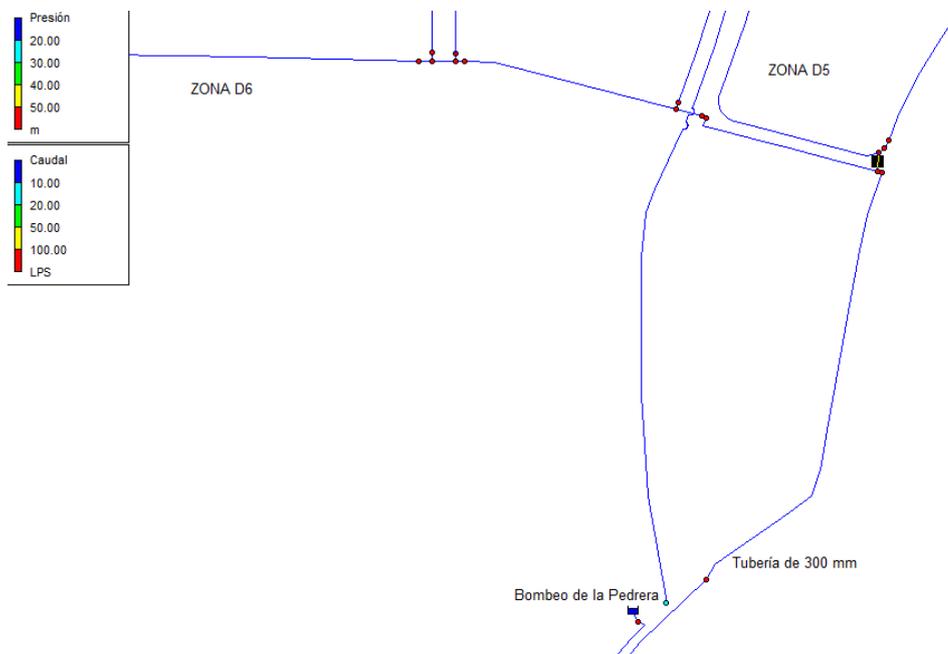


FIGURA 56. DESCONEXIÓN DE TUBERÍA DE 300 MM DEL BOMBEO DE LA PEDRERA

Sin embargo, para llevar agua hasta el depósito, se ha necesitado conectar de nuevo el bombeo a la tubería de 300 mm, pero para ello se ha instalado otra tubería de FUD de 300 mm (p1121), desde el nudo a la salida del bombeo hasta otro nudo que sorteaba el punto de consumo de la urbanización. Así, esta conexión salía del bombeo y llegaba al depósito sin pasar por la urbanización. Además, se ha cerrado un tramo pequeño de la tubería de 300 mm para evitar que el agua del bombeo se redirija hacia las zonas D5 y D6.

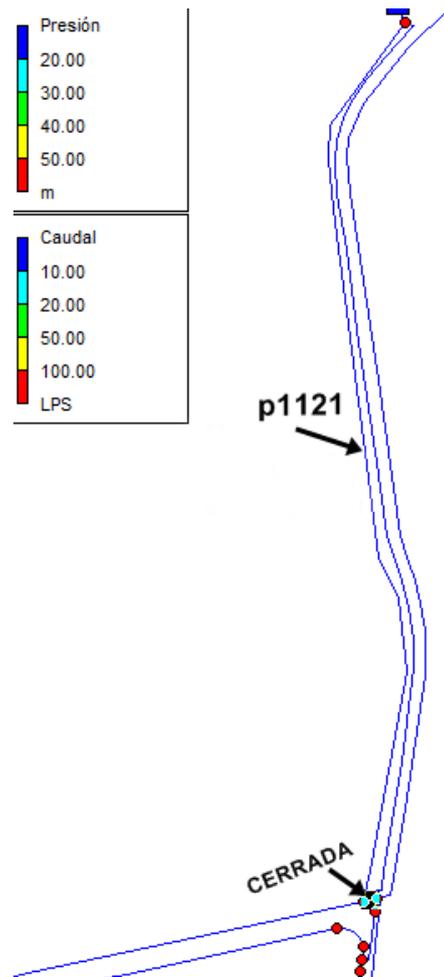


FIGURA 57. CONEXIÓN DEL BOMBEO CON TUBERÍA DE 300 MM

Acto seguido, se ha conectado la tubería de 300 mm al depósito La Pedrera y éste a su vez a un nudo cercano de la urbanización Villas Andreas, ambas tuberías de FUD de 200 mm. Con esta conexión, el agua llegaba del bombeo de la Pedrera al depósito y éste suministraba a la urbanización que, por medio de la tubería de 141 mm, se conectaba de nuevo a la tubería de 300 mm, suministrando finalmente por medio de esta tubería a las zonas D5 y D6.

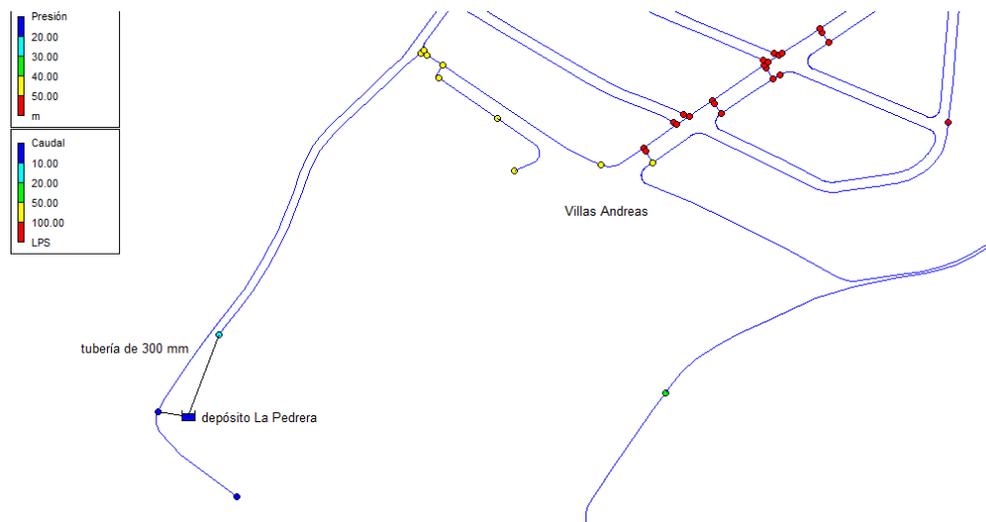


FIGURA 58. CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA

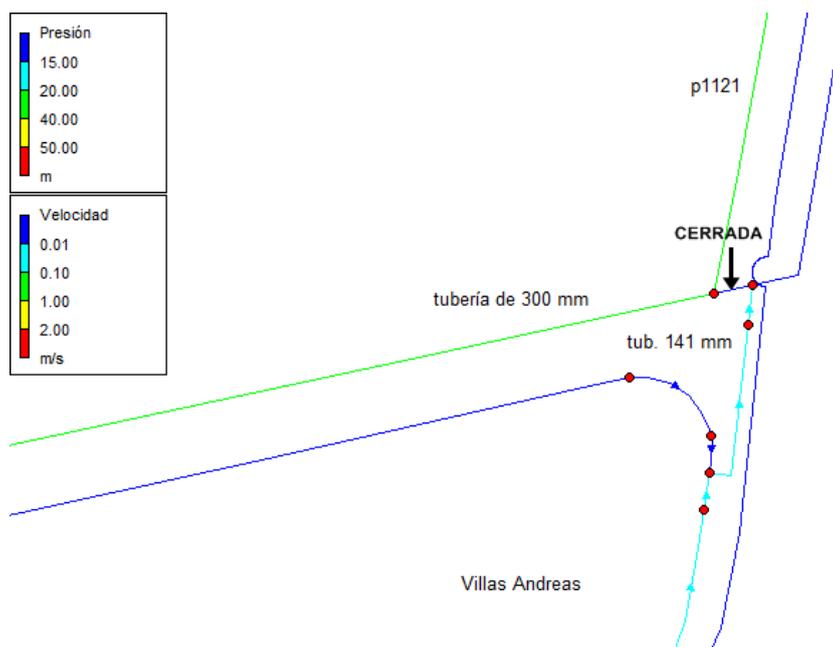


FIGURA 59. SUMINISTRO DESDE EL DEPÓSITO A ZONAS D5 Y D6 POR MEDIO DE LA URBANIZACIÓN

Para realizar la simulación se ha tenido en cuenta que el nuevo depósito conectado suministraba a acometidas que anteriormente eran abastecidas por el bombeo de la Pedrera, todos estos puntos quedaban ahora abastecidos por el nuevo depósito. Por tanto, se ha contabilizado el número exacto de nudos que en el nuevo modelo son abastecidos por el depósito La Pedrera y se utiliza la demanda base por acometida.

El nuevo depósito suministraba agua a 179 nudos correspondientes a las zonas D5 y D6 y a la urbanización Villas Andreas. Se ha considerado entonces una demanda base para esas zonas de 3l/s, por tanto cada nudo recibirá 0.01676 l/s. Además, ha sido necesario modificar la tubería que conectaba con el bombeo de la Pedrera, la p1122, ya que con el diámetro que tenía de PVA 90 mm aportaba unas pérdidas unitarias muy grandes. Por ende, se ha cambiado la tubería por una de FUD de 300 mm. Por la misma razón, se han modificado también dos tuberías de PE 40 mm por otras de PE 110 mm que salían de la nueva tubería de 200 mm instalada en el depósito. Estas eran la p1117 y la p1118.

Por otra parte se utilizaba una base de datos en la que aparecía el consumo que el bombeo de la Pedrera suministraba a la zona de ocio La Pedrera.

Caudal registrado (m3/d)		mié 30/04/2014	
CONSUMOS		LA PEDRERA	
Sistema Hidráulico	RP LOS SARDINAS		
Elemento Genérico	CON BMB LA PEDRERA S		
Punto Control	Caudal registrado (m3/d)		
Total	45820.43	45820.43	0
Máximo	226	226	0
Mínimo	41	41	0
Media	125.192432	125.192432	
Detalles	Consumo	Por diferencia	Por ajuste
sáb 11/04/2015	90.24	90.24	
dom 12/04/2015	90.27	90.27	
lun 13/04/2015	90.25	90.25	
mar 14/04/2015	103	103	
mié 15/04/2015	105.5	105.5	
jue 16/04/2015	105.5	105.5	
vie 17/04/2015	102.49	102.49	
sáb 18/04/2015	102.49	102.49	
dom 19/04/2015	102.53	102.53	
lun 20/04/2015	102.49	102.49	
mar 21/04/2015	108	108	
mié 22/04/2015	108	108	
jue 23/04/2015	108	108	
vie 24/04/2015	136.74	136.74	
sáb 25/04/2015	136.74	136.74	
dom 26/04/2015	136.79	136.79	
lun 27/04/2015	136.73	136.73	
mar 28/04/2015	114	114	
mié 29/04/2015	154	154	
jue 30/04/2015	157	157	
cons. Promed		125.192432	m3/día

FIGURA 60. CONSUMOS ZONA DE OCIO LA PEDRERA

$$125 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} \times \frac{1000 \text{ l}}{24 \times 3600 \text{ s}} = 1.447 \text{ l/s}$$

Se ha contabilizado un total de 6 nudos en la zona de ocio La Pedrera, por tanto, a cada nudo le pertenecía un total de 0.241 l/s

Con todas estas modificaciones se ha logrado conectar el depósito La Pedrera a la red y conseguir que suministre a Villas Andreas y a las zonas D5 y D6, quedando restringido el bombeo de la Pedrera para que únicamente pudiese abastecer a la zona de ocio la Pedrera y al depósito. Tras estas modificaciones, la situación era la siguiente:

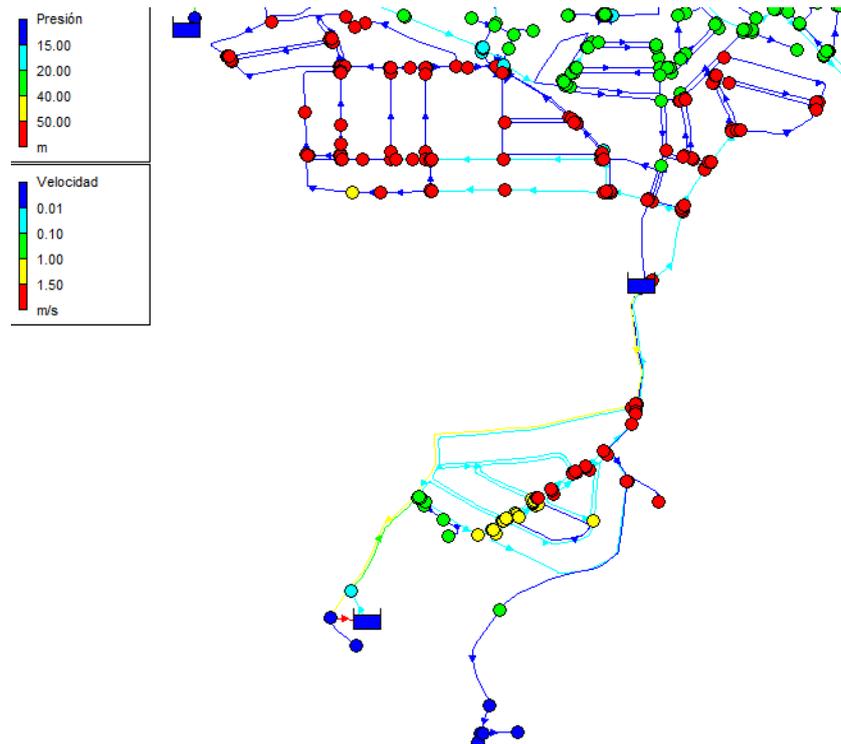


FIGURA 61. SITUACIÓN TRAS LA CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA A LA RED

Para solucionar el problema de las presiones elevadas se incluyen en el modelo válvulas reductoras de presión en los tramos de tuberías que conectaban con las franjas de máxima presión. Para ello se ha cerrado la tubería en cuestión, y en paralelo se ha colocado una válvula reductora cuya consigna ha sido el valor de la presión que se quería obtener aguas abajo de la válvula.

Tan solo se han necesitado 2 válvulas reductoras. La primera válvula se instala en la urbanización, en la tubería en la cual comenzaban a elevarse las presiones, con un valor de consigna de 20. Para que la válvula reductora de presión pudiese trabajar ha sido necesario cerrar una tubería, la p431, que repartía agua al resto de nudos y mantenía las mismas presiones elevadas, por lo que si no se cerraba se estaba fracasando en el intento de reducir las presiones.

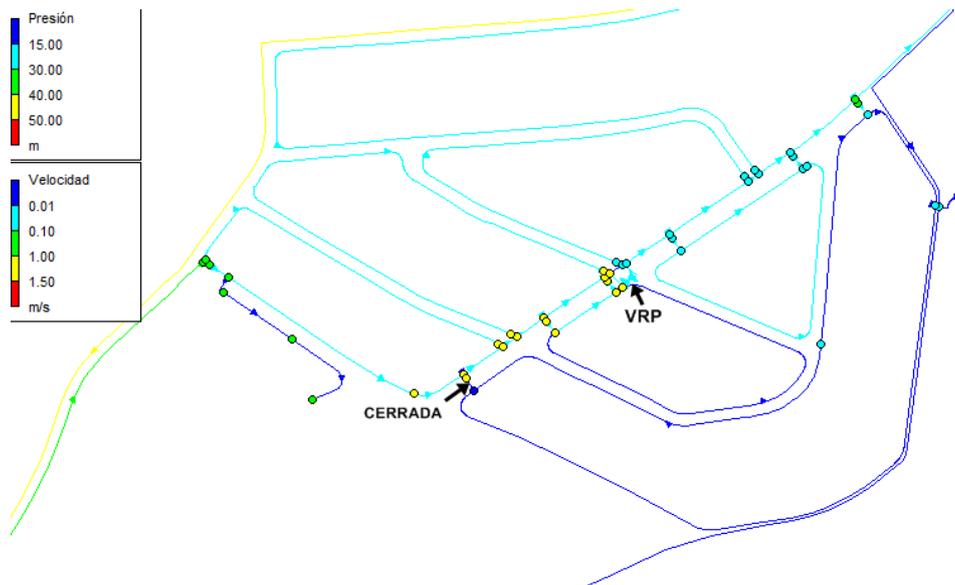


FIGURA 62. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN VILLAS ANDREAS

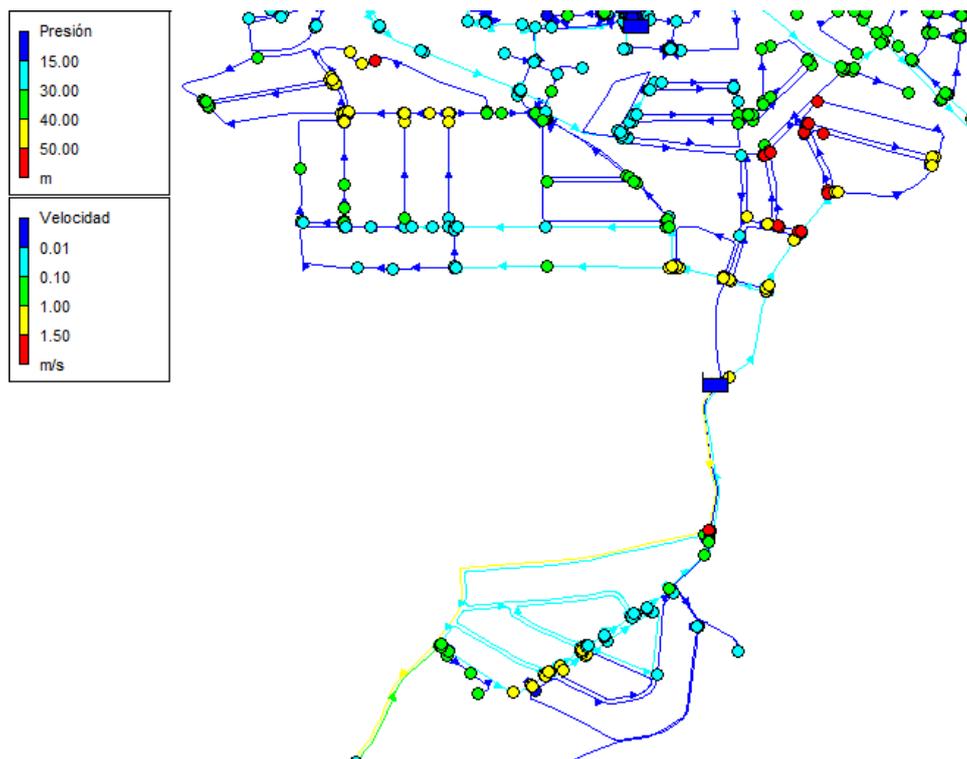


FIGURA 63. SITUACIÓN UNA VEZ COLOCADA LA 1ª VRP

Tal como muestra la figura anterior, los valores de presión pasan a tener valores más bajos, solucionando significativamente los excesos de presión. Pero todavía se apreciaban altas presiones en la zona D5, y por tanto se decide instalar una segunda válvula reductora (con consigna de 30 mca).

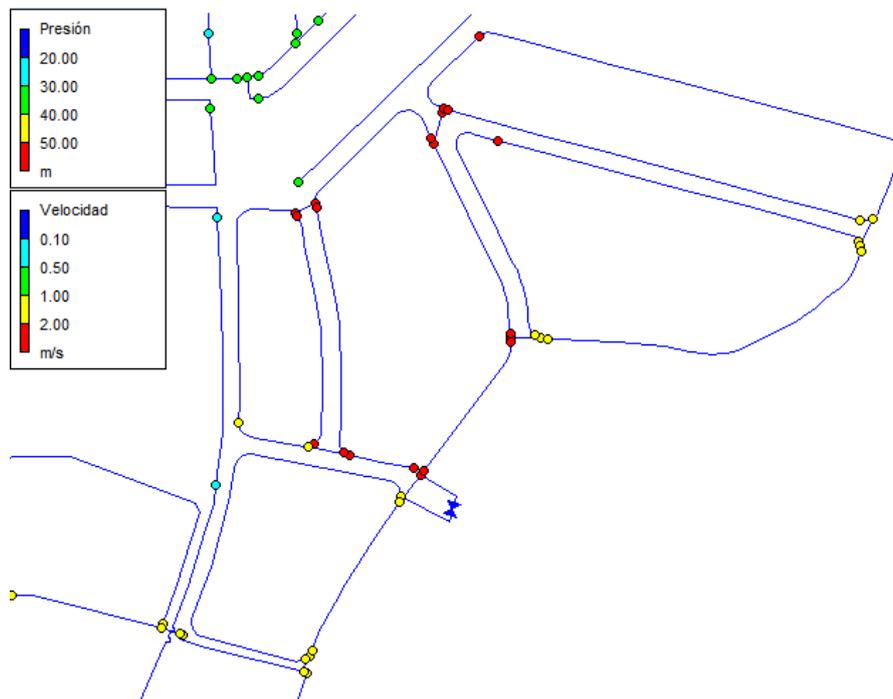


FIGURA 64. VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN EN ZONA D5

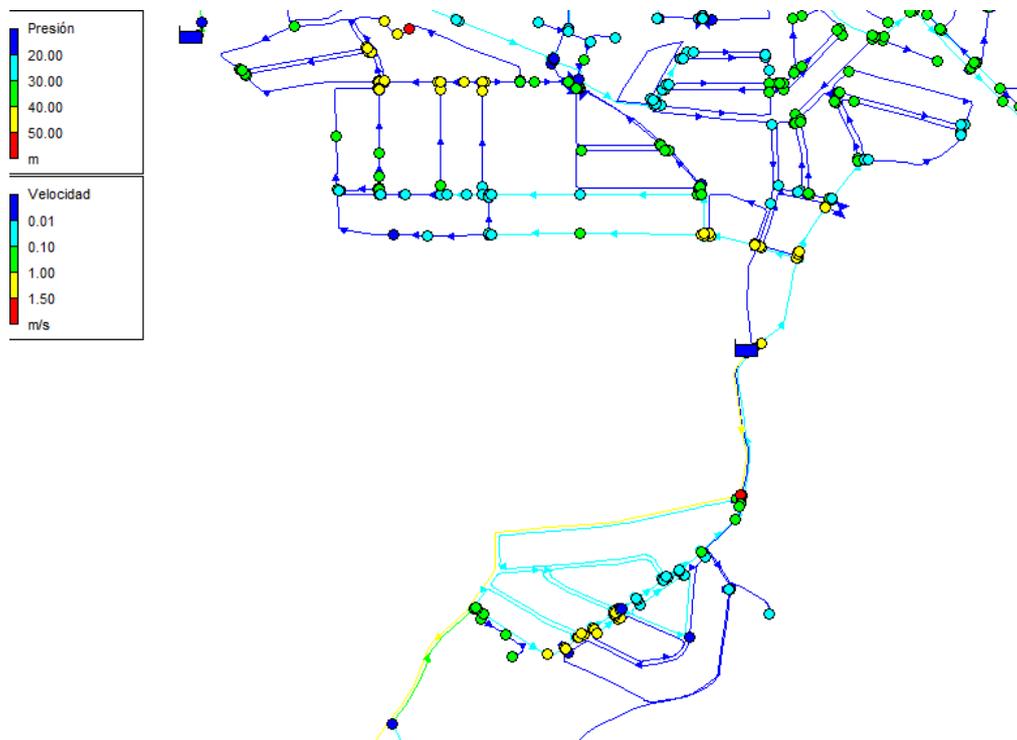


FIGURA 65. SITUACIÓN UNA VEZ COLOCADA LA 2ª VRP

Finalmente se consigue realizar un ajuste de presiones a unos valores más habituales para puntos de consumo. A continuación, se muestran dos mapas de presiones de la situación antes y después de las

modificaciones realizadas para aumentar y disminuir las presiones a zonas de bajas y altas presiones respectivamente:

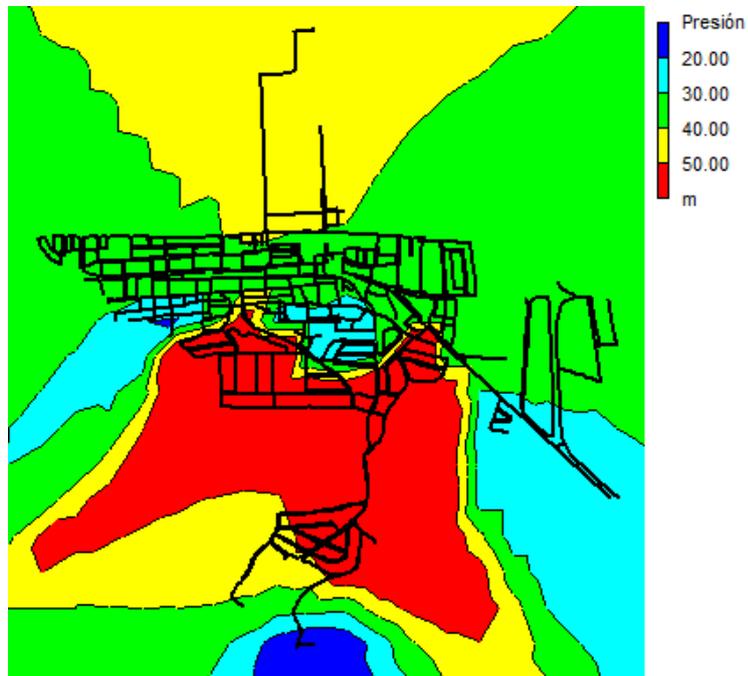


FIGURA 66. SITUACIÓN INICIAL

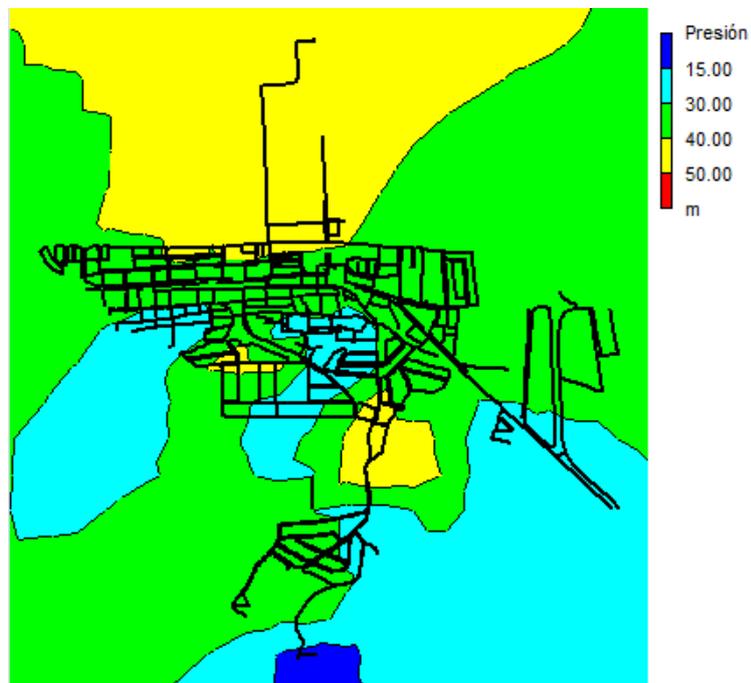


FIGURA 67. SITUACIÓN POSTERIOR

6 DESARROLLOS FUTUROS

6.1 CONEXIÓN DEL DEPÓSITO LA PEDRERA

La conexión del depósito La Pedrera ha sido un requerimiento de los técnicos de Hidraqua, para conocer hasta qué cota puede suministrar este depósito sin que la presión se exceda demasiado. El modelo desarrollado ha permitido ver la instalación final de la red si se procediera a conectar este depósito, así como el estado de los elementos que la componen, es decir, presiones, pérdidas unitarias, caudales, velocidades, etc.

A lo largo del capítulo 5.1.2 se ha desarrollado una propuesta para la conexión de este depósito a la red y, a la vista de los resultados obtenidos en los nudos y en las tuberías, parece un modelo factible. Por ello se considera que los técnicos de Hidraqua deberían invertir en este estudio a la espera de poder llevarlo a cabo.

6.2 CALIBRACIÓN DEL MODELO

Una vez construido el modelo actual y comprobado que el funcionamiento simulado se aproxima al real de la instalación, sería interesante continuar con una calibración del modelo a partir de medidas reales (presión, niveles en los depósitos, caudal, etc.), en aras de aproximar en mayor medida la precisión del modelo de EPANET. Para ello, un técnico de la empresa deberá medir la presión en varios puntos de la red y ajustar estas presiones con el modelo.

En el caso de que las presiones coincidan, se podrá hacer uso del modelo propuesto para mejorar todos aquellos problemas que actualmente se encuentran en la red. En caso de que existan zonas en las que las presiones no se correspondan con las reales, habrá que realizarse un ajuste del caudal u otras variables.

6.3 SUSTITUCIÓN DE EMBALSES POR DEPÓSITOS Y BOMBAS

En el trabajo realizado se ha simplificado el modelo de los puntos de almacenamiento y alimentación con embalses. Es conveniente sustituir estos embalses por elementos cuyo funcionamiento se aproximen más a la realidad; por ejemplo depósitos con nivel variable y grupos de presión.

Para llevar a cabo el modelado de la red con depósitos, será necesario un ajuste de válvulas de llenado de los depósitos. Generalmente los depósitos llevan una cisterna que tiene una válvula de boya o de flotador, comentada en el capítulo 2.5, e introducir el ajuste de la válvula en el modelo resulta muy complicado, pues cuando los depósitos se encuentren en su nivel mínimo, la tubería que lo va llenando se encontrará con mucha cantidad de agua, generando pérdidas unitarias muy grandes. Además, no se conoce el instante en el que el depósito se va llenando, ni el instante en el que la válvula flotador se cierra, aunque el llenado suele realizarse en la mayoría de los casos en período nocturno.



7 CONCLUSIONES

Con el presente trabajo fin de grado se ha conseguido elaborar el modelo matemático de simulación de la red de suministro de agua del municipio de Bigastro. Este modelo va a permitir a los técnicos del abastecimiento un mejor control del servicio de gestión de agua, siendo una herramienta fundamental para la toma de decisiones y para la gestión diaria de la red.

La respuesta del modelo ha sido validada por los técnicos del abastecimiento y, a su vez ha permitido descubrir funcionamientos anómalos en la red relacionados por ejemplo con las conexiones entre los depósitos y sus respectivos bombeos. También por falta de información sobre la conexión a la red de determinadas zonas o por la interpretación de datos incorrectos que han tenido que modificarse. Por ende, se ha corregido estos errores e incorporado detalles que en las reseñas iniciales no aparecían. Esta información ha sido de utilidad para mejorar el conocimiento de los elementos de la red y sus conexiones.

Se ha detectado que actualmente los valores de presión en algunas zonas son excesivos y que el funcionamiento de la red mejoraría significativamente mediante la instalación mínima de tuberías y algunos cambios adicionales de diámetros para evitar pérdidas por fricción excesivas. Por otro lado, el modelo también ha sido de utilidad a la hora de homogeneizar los valores de presiones en toda la red, de forma que el suministro a las diferentes zonas mantuviese valores similares. Esto se ha conseguido mediante la instalación de dos válvulas reductoras de presión estratégicamente ubicadas.

A partir del modelo de simulación se ha examinado la energía cinética de las tuberías mediante las pérdidas unitarias en cada una de ellas constatando entonces que las velocidades en la red son aceptables.

De igual forma se ha conseguido analizar la mejor manera de conectar el depósito La Pedrera a la red para reducir el valor de las presiones en diferentes zonas de la red y garantizar el suministro ante situaciones fortuitas; por ejemplo la derivada de un incendio o de un fallo en el suministro eléctrico. Este era uno de los objetivos principales de los técnicos de Hidraqua, ya que al no contar con modelo de simulación resultaba complejo conocer la respuesta de la red para habilitar este elemento.

Finalmente comentar que este trabajo va encaminado a mejorar la instalación actual de la red de distribución de aguas de Bigastro, logrando así el cumplimiento de los objetivos establecidos al inicio.





8 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ❖ Mancomunidad de los Canales del Taibilla. El Organismo y su evolución histórica, 2012. [fecha de consulta: 15 de ABRIL de 2015]. Disponible en < <https://www.mct.es/el-organismo-y-su-evoluci%C3%B3n-hist%C3%B3rica>>
- ❖ Estudio sociológico. Histórico de habitantes, O Pérez Sánchez, 2012
- ❖ Soriano Javier. epanet.info (Implementación de depósitos en modelos de redes de abastecimiento, 2013), [fecha de consulta: 2 de mayo de 2015]. Disponible en <<http://EPANET.info/depositos-modelos-redes-abastecimiento/>>
- ❖ Colaboradores de la RAE. Real Academia Española, versión electrónica 22ª edición, 2012 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2015]. Disponible en <<http://lema.rae.es/drae/?val=sector>>
- ❖ Colaboradores de la RAE. Real Academia Española, versión electrónica 22ª edición, 2012 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2015]. Disponible en <<http://lema.rae.es/drae/?val=zona>>
- ❖ Manual del usuario de EPANET. Epanet.info [fecha de consulta: 22 de mayo de 2015]. Disponible en < <http://epanet.info/manuales/epanet-2-manual-de-usuario-espanol/>>
- ❖ Soriano, Javier. Cómo convertir un fichero de Autocad a Epanet, 2011, [fecha de consulta: 22 de mayo de 2015]. Disponible en < <http://www.aguayciudad.com/?p=60>>
- ❖ Aguas de Valencia. Polietileno. Tarifa de precios Enero 2012.
- ❖ Plastifer S.A. PVC Presión. Tuberías y accesorios de PVC presión, 2012.
- ❖ Soler, Jaime. Cla-val.es (Válvula de flotador, 2012), [fecha de consulta: 3 de junio de 2015]. Disponible en <<http://www.cla-val.es/sites/default/files/Cla-Val%20Aqua%2080-910%20Valvula%20de%20flotador%20compensada.pdf>>
- ❖ Colaboradores de Wikipedia. [Pérdida de carga]. Wikipedia, la enciclopedia libre, 2015 [fecha de consulta: 12 de junio de 2015]. Disponible en <https://es.wikipedia.org/wiki/P%C3%A9rdida_de_carga>
- ❖ ¿Qué es EPANET y cuáles ventajas ofrece?,2013 [fecha de consulta:22 de mayo de 2015]. Disponible en< <http://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/%C2%BFque-es-epanet-y-cuales-ventajas-ofrece/>>
- ❖ Google (2015). Foto de satélite de Bigastro. Sectorización de Bigastro. Disponible en <<http://www.google.com/earth/>>





ANEXOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA





ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. DEMANDAS BASE

- A. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA DERECHA
- B. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA IZQUIERDA
- C. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA CENTRO
- D. DEMANDA BASE SECTOR CABEZO-CRUZ

ANEXO 2. CURVAS DE MODULACIÓN

- A. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO
- B. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO
- C. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO





ANEXO 1. DEMANDAS BASE

En este apartado se exponen las tablas de las demandas bases de cada uno de los sectores que componen la red de abastecimiento de Bigastro.

El valor del consumo diario corresponde a la columna diferencia y se ha prorrateado los datos en los casos en los que no aparecía el valor de caudal registrado.

El valor enmarcado en rojo es el resultado final promedio del consumo registrado cada día a lo largo de un año en el correspondiente sector o depósito.

A. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA DERECHA

Caudal registrado (m3/d) Mié 30/04/2014 jue 30/04/2015

LECTURAS				
Sistema Hidráulico	RP LOS SARDINAS			
Elemento Genérico	SARDINAS DERECHA			
Punto Control	Caudal registrado (m3/d)			
Total	114649415	30567725	95958	
Máximo	359025	359307	4925	
Mínimo	263349	268012	187	
Media	313249.7678	311915.5612	979.1632653	
Detalles	Lect. Ant.	Lect. Act.	Diferencia	
mié 30/04/2014	263349			358
jue 01/05/2014	263349			217
vie 02/05/2014	263349			219
sáb 03/05/2014	263349			243
dom 04/05/2014	263349			223
lun 05/05/2014	263349			242
mar 06/05/2014	263349			213
mié 07/05/2014	263349			222
jue 08/05/2014	263349			229
vie 09/05/2014	263349			301
sáb 10/05/2014	263349			192
dom 11/05/2014	263349			314
lun 12/05/2014	263349	268012	4663	248
mar 13/05/2014	268012	268229	217	225
mié 14/05/2014	268229			256
jue 15/05/2014	268229	268667	438	239
vie 16/05/2014	268667			291
sáb 17/05/2014	268667			264
dom 18/05/2014	268667			318
lun 19/05/2014	268667	269642	975	304
mar 20/05/2014	269642	269865	223	282
mié 21/05/2014	269865			249
jue 22/05/2014	269865			354
vie 23/05/2014	269865			325
sáb 24/05/2014	269865			261
dom 25/05/2014	269865			248
lun 26/05/2014	269865	271317	1452	245
mar 27/05/2014	271317	271530	213	255
mié 28/05/2014	271530	271752	222	252
jue 29/05/2014	271752			240



vie 30/05/2014	271752			221
sáb 31/05/2014	271752			216
dom 01/06/2014	271752			218
lun 02/06/2014	271752			249
mar 03/06/2014	271752			274
mié 04/06/2014	271752	273356	1604	230
jue 05/06/2014	273356	273657	301	206
vie 06/06/2014	273657	273849	192	201
sáb 07/06/2014	273849			235
dom 08/06/2014	273849			208
lun 09/06/2014	273849	274792	943	202
mar 10/06/2014	274792	275040	248	221
mié 11/06/2014	275040	275265	225	187
jue 12/06/2014	275265			208
vie 13/06/2014	275265			208
sáb 14/06/2014	275265			203
dom 15/06/2014	275265			199
lun 16/06/2014	275265			APROX. 245
mar 17/06/2014	275265	276944	1679	
mié 18/06/2014	276944	277201	257	

B. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA IZQUIERDA

Caudal registrado (m3/d) mié 30/04/2014 jue 30/04/2015

LECTURAS			
Sistema Hidráulico	RP LOS SARDINAS		
Elemento Genérico	CON LOS SARDINAS IZQ		
Punto Control	Caudal registrado (m3/d)		
Total	103001089	24043604	141435
Máximo	347710	348101	9916
Mínimo	206666	214682	292
Media	281423.7404	276363.264	4
Detalles	Lect. Ant.	Lect. Act.	Diferencia

mié 30/04/2014	206666			616
jue 01/05/2014	206666			435
vie 02/05/2014	206666			435
sáb 03/05/2014	206666			482
dom 04/05/2014	206666			454
lun 05/05/2014	206666			441
mar 06/05/2014	206666			447
mié 07/05/2014	206666			557
jue 08/05/2014	206666			411
vie 09/05/2014	206666			503
sáb 10/05/2014	206666			389
dom 11/05/2014	206666			425
lun 12/05/2014	206666	214682	8016	470
mar 13/05/2014	214682	215117	435	455
mié 14/05/2014	215117			509
jue 15/05/2014	215117	215988	871	521
vie 16/05/2014	215988			497



sáb 17/05/2014	215988			431
dom 18/05/2014	215988			397
lun 19/05/2014	215988	217916	1928	517
mar 20/05/2014	217916	218370	454	467
mié 21/05/2014	218370			467
jue 22/05/2014	218370			432
vie 23/05/2014	218370			510
sáb 24/05/2014	218370			494
dom 25/05/2014	218370			503
lun 26/05/2014	218370	221018	2648	377
mar 27/05/2014	221018	221465	447	356
mié 28/05/2014	221465	222022	557	385
jue 29/05/2014	222022			355
vie 30/05/2014	222022			409
sáb 31/05/2014	222022			451
dom 01/06/2014	222022			370
lun 02/06/2014	222022			388
mar 03/06/2014	222022			300
mié 04/06/2014	222022	224902	2880	315
jue 05/06/2014	224902	225405	503	306
vie 06/06/2014	225405	225794	389	413
sáb 07/06/2014	225794			441
dom 08/06/2014	225794			376
lun 09/06/2014	225794	227070	1276	434
mar 10/06/2014	227070	227540	470	442
mié 11/06/2014	227540	227995	455	468
jue 12/06/2014	227995			378
vie 13/06/2014	227995			292
sáb 14/06/2014	227995			300
dom 15/06/2014	227995			383
lun 16/06/2014	227995			391
mar 17/06/2014	227995	231048	3053 APROX	429

C. DEMANDA BASE SECTOR SARDINA CENTRO

Caudal registrado (m3/d) mié 30/04/2014 jue 30/04/2015

	LECTURAS		
Sistema Hidráulico	RP LOS SARDINAS		
Elemento Genérico	CON LOS SARDINAS CENTRO		
Punto Control	Caudal registrado (m3/d)		
Total	49013983	11299268	49854
Máximo	159078	159217	3488
Mínimo	109363	111858	95
Media	133917.9863	132932.5647	586.5176471
Detalles	Lect. Ant.	Lect. Act.	Diferencia

mié 30/04/2014	109363		191
jue 01/05/2014	109363		142
vie 02/05/2014	109363		142
sáb 03/05/2014	109363		133
dom 04/05/2014	109363		136
lun 05/05/2014	109363		136
mar 06/05/2014	109363		126



mié 07/05/2014	109363			141
jue 08/05/2014	109363			148
vie 09/05/2014	109363			199
sáb 10/05/2014	109363			121
dom 11/05/2014	109363			135
lun 12/05/2014	109363	111858	2495	146
mar 13/05/2014	111858	112000	142	130
mié 14/05/2014	112000			199
jue 15/05/2014	112000	112284	284	121
vie 16/05/2014	112284			146
sáb 17/05/2014	112284			130
dom 18/05/2014	112284			159
lun 19/05/2014	112284	112815	531	136
mar 20/05/2014	112815	112951	136	118
mié 21/05/2014	112951			113
jue 22/05/2014	112951			125
vie 23/05/2014	112951			139
sáb 24/05/2014	112951			159
dom 25/05/2014	112951			131
lun 26/05/2014	112951	113766	815	132
mar 27/05/2014	113766	113892	126	132
mié 28/05/2014	113892	114033	141	132
jue 29/05/2014	114033			138
vie 30/05/2014	114033			172
sáb 31/05/2014	114033			180
dom 01/06/2014	114033			138
lun 02/06/2014	114033			154
mar 03/06/2014	114033			121
mié 04/06/2014	114033	115072	1039	125
jue 05/06/2014	115072	115271	199	127
vie 06/06/2014	115271	115392	121	150
sáb 07/06/2014	115392			139
dom 08/06/2014	115392			130
lun 09/06/2014	115392	115799	407	139
mar 10/06/2014	115799	115945	146	124
mié 11/06/2014	115945	116075	130	151
jue 12/06/2014	116075			138
vie 13/06/2014	116075			142
sáb 14/06/2014	116075			134
dom 15/06/2014	116075			135
lun 16/06/2014	116075			139
mar 17/06/2014	116075	116925	850	
mié 18/06/2014	116925	117050	125	APROX. 141



D. DEMANDA BASE SECTOR CABEZO-CRUZ

Caudal registrado (m3/d) mié 30/04/2014 jue 30/04/2015

	LECTURAS		
Sistema Hidráulico	Lecturas MCT BGT		
Elemento Genérico	t016001-MCT CAB.CRUZ		
Punto Control	Caudal registrado (m3/d)		
Total	128010724	121658573	96231
Máximo	394317	394690	3371
Mínimo	298459	298743	176
Media	349756.0765	348591.8997	272.6090652
Detalles	Lect. Ant.	Lect. Act.	Diferencia

mié 30/04/2014	298459	298743	284
jue 01/05/2014	298743	299106	363
vie 02/05/2014	299106	299476	370
sáb 03/05/2014	299476	299851	375
dom 04/05/2014	299851	300217	366
lun 05/05/2014	300217	300550	333
mar 06/05/2014	300550	300944	394
mié 07/05/2014	300944	301295	351
jue 08/05/2014	301295	301629	334
vie 09/05/2014	301629	302017	388
sáb 10/05/2014	302017	302408	391
dom 11/05/2014	302408	302777	369
lun 12/05/2014	302777	303136	359
mar 13/05/2014	303136	303499	363
mié 14/05/2014	303499	303860	361
jue 15/05/2014	303860	304235	375
vie 16/05/2014	304235	304651	416
sáb 17/05/2014	304651	305041	390
dom 18/05/2014	305041	305437	396
lun 19/05/2014	305437	305784	347
mar 20/05/2014	305784	306166	382
mié 21/05/2014	306166	306586	420
jue 22/05/2014	306586	307012	426
vie 23/05/2014	307012	307439	427
sáb 24/05/2014	307439	307789	350
dom 25/05/2014	307789	308041	252
lun 26/05/2014	308041	308330	289
mar 27/05/2014	308330	308594	264
mié 28/05/2014	308594	308841	247
jue 29/05/2014	308841	309205	364
vie 30/05/2014	309205	309659	454
sáb 31/05/2014	309659	310038	379
dom 01/06/2014	310038	310267	229
lun 02/06/2014	310267	310538	271
mar 03/06/2014	310538	310819	281
mié 04/06/2014	310819	311103	284
jue 05/06/2014	311103	311387	284
vie 06/06/2014	311387	311679	292
sáb 07/06/2014	311679	311954	275
dom 08/06/2014	311954	312264	310
lun 09/06/2014	312264	312534	270
mar 10/06/2014	312534	312789	255



mié 11/06/2014	312789	313043	254
jue 12/06/2014	313043	313307	264
vie 13/06/2014	313307	313575	268
sáb 14/06/2014	313575	313846	271
dom 15/06/2014	313846	314109	263
lun 16/06/2014	314109	314369	260
mar 17/06/2014	314369	314636	267
mié 18/06/2014	314636	314884	248
jue 19/06/2014	314884	315134	250
vie 20/06/2014	315134	315494	360
sáb 21/06/2014	315494	315917	423
dom 22/06/2014	315917	316336	419
lun 23/06/2014	316336	316637	301
mar 24/06/2014	316637	316887	250
mié 25/06/2014	316887	317159	272
jue 26/06/2014	317159	317437	278
vie 27/06/2014	317437	317728	291
sáb 28/06/2014	317728	318018	290
dom 29/06/2014	318018	318303	285
lun 30/06/2014	318303	318568	265
mar 01/07/2014	318568	318816	248
mié 02/07/2014	318816	319082	266
jue 03/07/2014	319082	319323	241
vie 04/07/2014	319323	319553	230
sáb 05/07/2014	319553	319779	226
dom 06/07/2014	319779	320017	238
lun 07/07/2014	320017	320268	251
mar 08/07/2014	320268	320525	257
mié 09/07/2014	320525	320787	262
jue 10/07/2014	320787	321034	247
vie 11/07/2014	321034	321293	259
sáb 12/07/2014	321293	321530	237
dom 13/07/2014	321530	321754	224
lun 14/07/2014	321754	321992	238
mar 15/07/2014	321992	322238	246
mié 16/07/2014	322238	322454	216
jue 17/07/2014	322454	322684	230
vie 18/07/2014	322684	322978	294
sáb 19/07/2014	322978	323390	412
dom 20/07/2014	323390	323759	369
lun 21/07/2014	323759	324062	303
mar 22/07/2014	324062	324293	231
mié 23/07/2014	324293	324529	236
jue 24/07/2014	324529	324756	227
vie 25/07/2014	324756	325093	337
sáb 26/07/2014	325093		374.5
dom 27/07/2014	325093	325842	374.5
lun 28/07/2014	325842	326160	318
mar 29/07/2014	326160	326405	245
mié 30/07/2014	326405	326712	307
jue 31/07/2014	326712	327105	393

APROX. 260

ANEXO 2. CURVAS DE MODULACIÓN

A. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO

Promedio total	8.595	
Período	Promedio por hora	Factor de Modulación
1	6.339	0.74
2	4.372	0.51
3	4.188	0.49
4	3.687	0.43
5	3.820	0.44
6	4.665	0.54
7	5.689	0.66
8	8.712	1.01
9	10.500	1.22
10	12.428	1.45
11	14.752	1.72
12	12.897	1.50
13	10.840	1.26
14	10.540	1.23
15	9.264	1.08
16	9.518	1.11
17	9.233	1.07
18	7.561	0.88
19	8.230	0.96
20	10.931	1.27
21	10.374	1.21
22	12.374	1.44
23	8.984	1.05
24	6.387	0.74

TABLA 10. FACTORES DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO

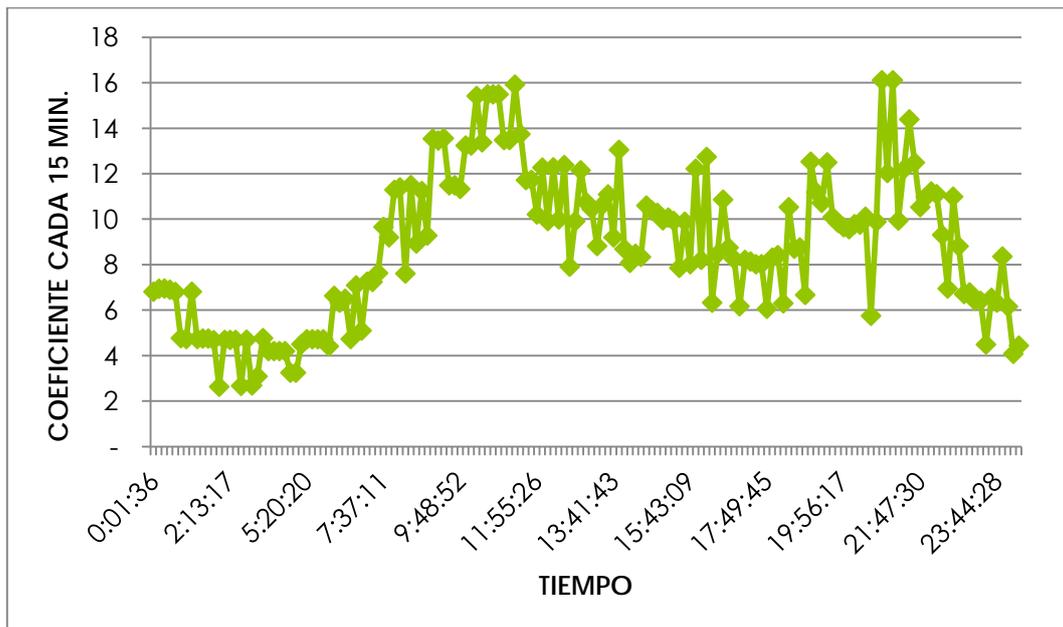


FIGURA 68. CURVA DE MODULACIÓN LOS SARDINA VERANO

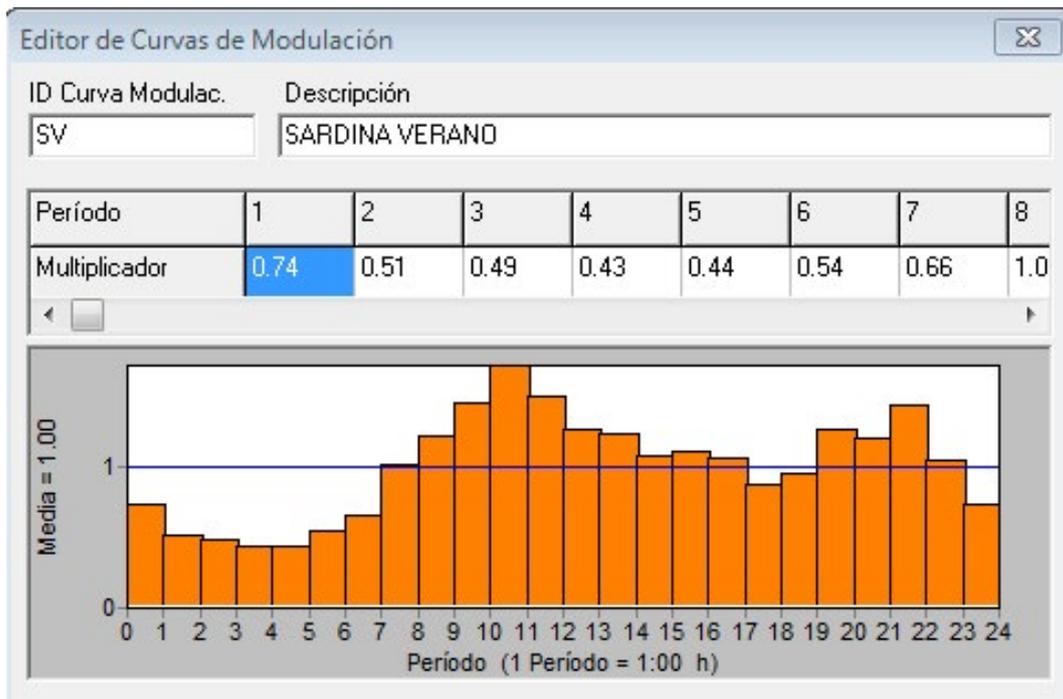


FIGURA 69. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET LOS SARDINA VERANO

Durante la época de verano, los puntos de consumo que son abastecidos por el depósito Los Sardinias presentan su mínimo consumo de 3h a 5h de la mañana alcanzando su máximo consumo de 10h a 11h de la mañana.



B. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO

Promedio total	6.69	
Período	Promedio por hora	Factor de Modulación
1	3.84	0.57
2	2.65	0.40
3	2.60	0.39
4	2.02	0.30
5	2.06	0.31
6	2.37	0.35
7	4.95	0.74
8	7.33	1.10
9	8.85	1.32
10	9.36	1.40
11	7.31	1.09
12	9.77	1.46
13	9.84	1.47
14	9.78	1.46
15	10.11	1.51
16	7.81	1.17
17	7.47	1.12
18	7.08	1.06
19	8.14	1.22
20	8.49	1.27
21	8.63	1.29
22	7.46	1.12
23	7.80	1.17
24	4.79	0.72

TABLA 11. FACTORES DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO

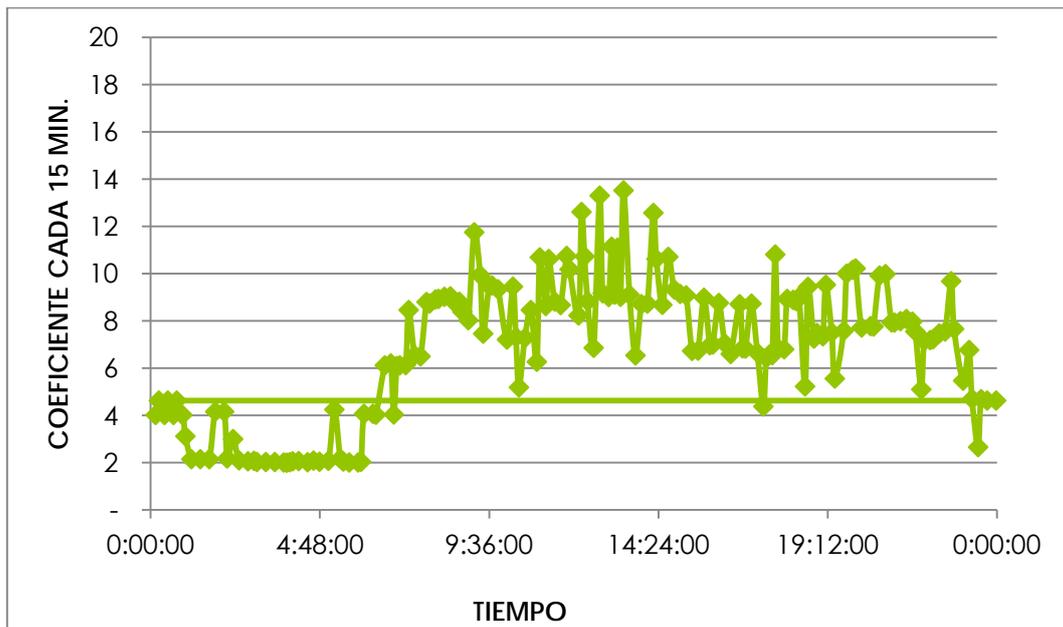


FIGURA 70. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ INVIERNO

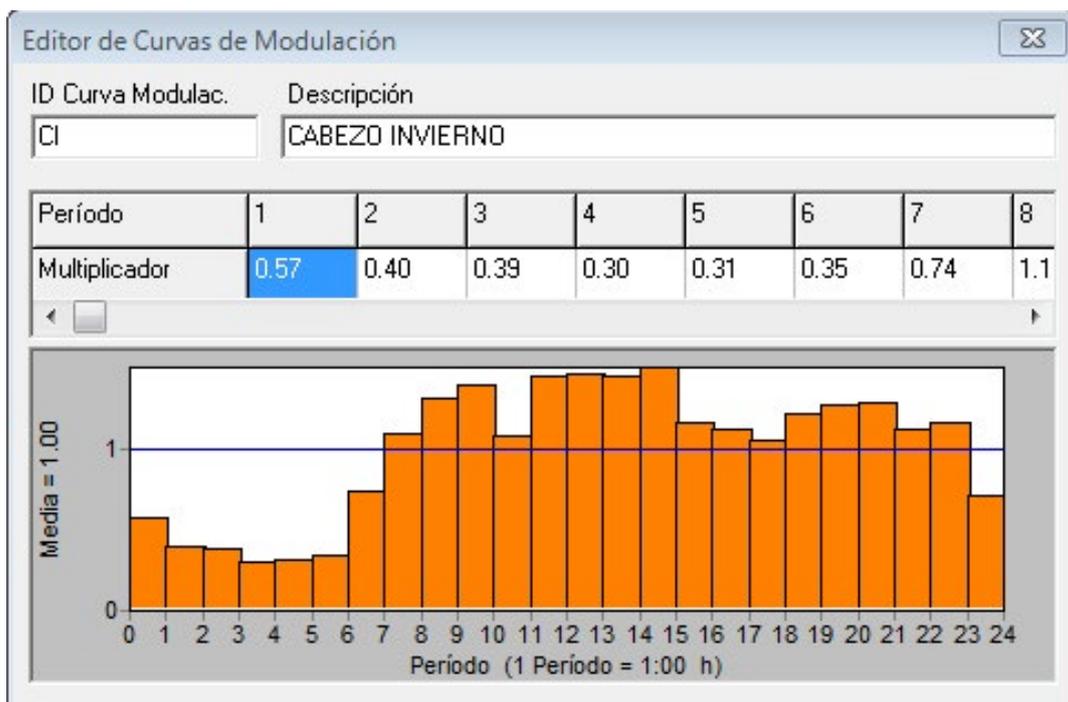


FIGURA 71. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET CABEZO-CRUZ INVIERNO

Durante la época de invierno, los puntos de consumo que son abastecidos por el depósito Cabezo-Cruz presentan su mínimo consumo de 3h a 4h de la mañana alcanzando su máximo consumo de 14h a 15h de la tarde.



C. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO

Promedio total	14.040	
Período	Promedio por hora	Factor de Modulación
1	11.304	0.81
2	10.840	0.77
3	9.464	0.67
4	9.070	0.65
5	9.025	0.64
6	9.080	0.65
7	9.942	0.71
8	13.527	0.96
9	15.097	1.08
10	16.350	1.16
11	17.773	1.27
12	20.391	1.45
13	18.474	1.32
14	17.819	1.27
15	17.246	1.23
16	15.437	1.10
17	11.660	0.83
18	13.190	0.94
19	13.900	0.99
20	15.053	1.07
21	16.266	1.16
22	18.251	1.30
23	14.553	1.04
24	13.258	0.94

TABLA 12. FACTORES DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO

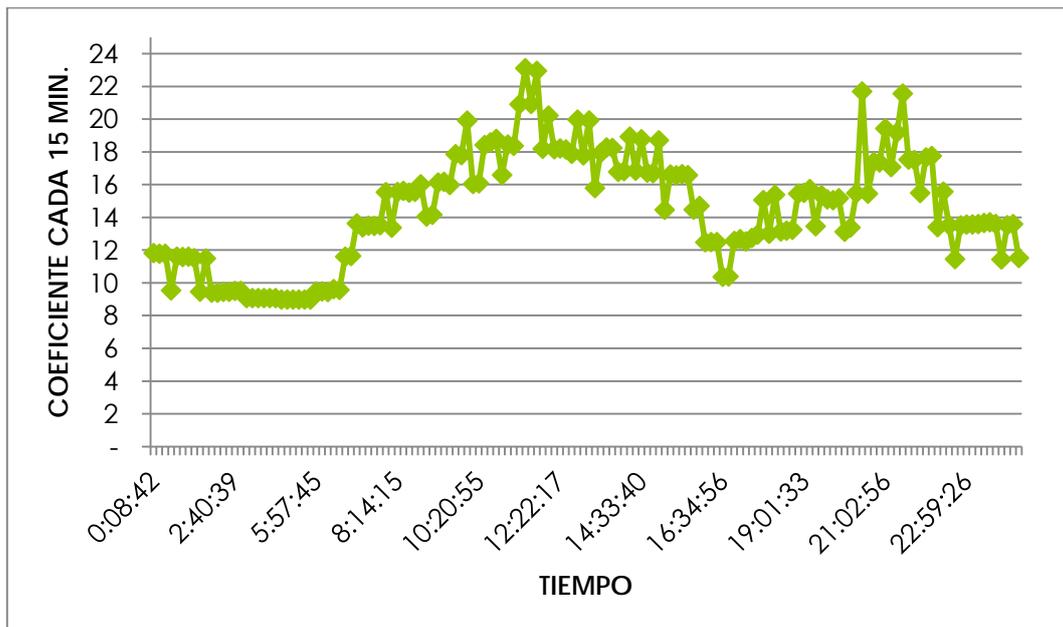


FIGURA 72. CURVA DE MODULACIÓN CABEZO-CRUZ VERANO

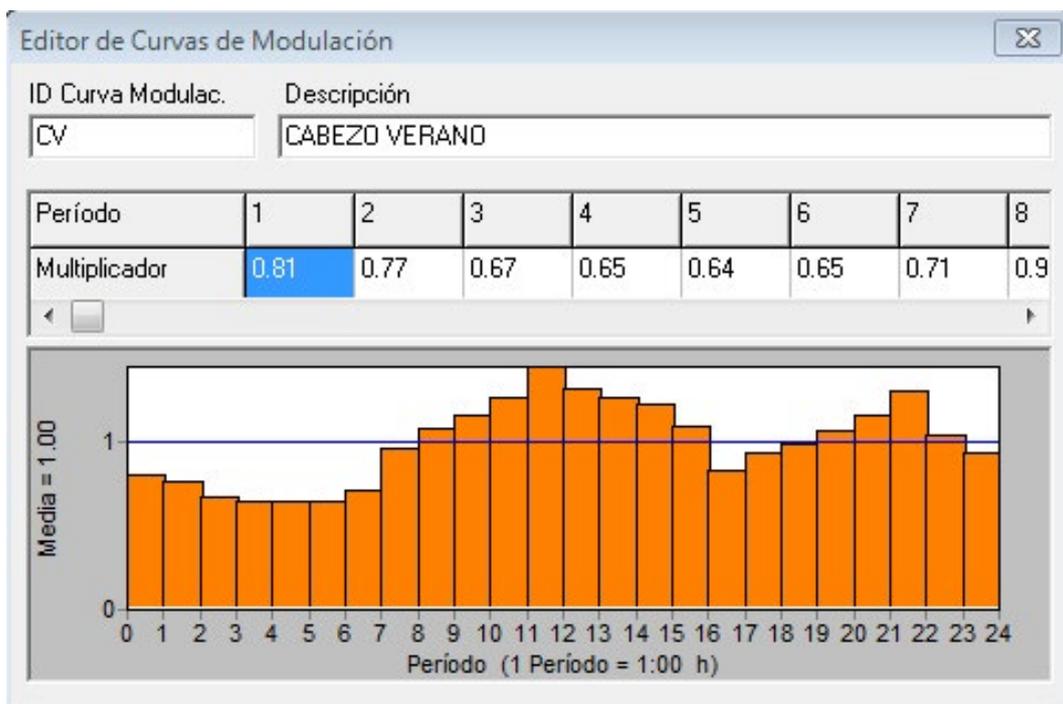


FIGURA 73. CURVA DE MODULACIÓN EN EPANET CABEZO-CRUZ VERANO

Durante la época de verano, los puntos de consumo que son abastecidos por el depósito Cabezo-Cruz presentan su mínimo consumo de 3h a 6h de la mañana alcanzando su máximo consumo de 11h a 12h de la mañana.



PRESUPUESTO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA



ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE BIGASTRO. PROPUESTAS DE MEJORA DE SU FUNCIONAMIENTO ACTUAL
Presupuesto

<i>Código</i>	<i>NatC</i>	<i>Ud</i>	<i>Resumen</i>	<i>CanPres</i>	<i>Pres</i>	<i>ImpPres</i>
C01	Capítulo		DEMOLICIONES, RECOMPOSICIONES Y ARQUETAS	1	55,239.53	55,239.53
C02	Capítulo		MOVIMIENTO DE TIERRAS	1	10,996.68	10,996.68
C03	Capítulo		VALVULAS, TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES	1	25,042.12	25,042.12
C04	Capítulo		MONTAJE	1	4,762.19	4,762.19
C05	Capítulo		GESTIÓN DE RESIDUOS	1	1,461.92	1,461.92
C06	Capítulo		VARIOS	1	11,258.93	11,258.93
C07	Capítulo		SEGURIDAD Y SALUD - FORMACIÓN OPERARIOS	1	393.62	393.62
Total PRESUPUESTO						109,154.99

Asciende el presente presupuesto a la expresa cantidad de CIENTO NUEVE MIL CIENTO CINCUENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

ELABORACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO DE LA RED DE ABASTECIMIENTO DE AGUA DE BIGASTRO. PROPUESTAS DE MEJORA DE SU FUNCIONAMIENTO ACTUAL

Presupuesto

Código	NatC	Ud	Resumen	CanPres	Pres	ImpPres
C01	Capitulo		DEMOLICIONES, RECOMPOSICIONES Y ARQUETAS	1	55,239.53	55,239.53
DA02010	Partida	M2	DEMOLICION ACERAS	135.00	24.45	3,300.75
			DEMOLICIÓN DE ACERAS (DE BALDOSA HIDRÁULICA, HORMIGÓN, ASFALTO...) CON CORTE LIMPIO Y RECTO DE LOS BORDES DE ZANJA, INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.			
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.2000	5.26	1.05
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.2000	1.11	0.22
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.6250	14.63	9.14
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	2.3000	5.02	11.55
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.			
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.			
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.1103	4.00	0.44
			Total DA02010	135.00	24.45	3,300.75
DA02075	Partida	ML	ARRANCADO DE BORDILLO	40.00	11.73	469.20
			ARRANCADO DE BORDILLO, INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.			
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.0800	5.26	0.42
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.0800	1.11	0.09
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.2648	14.63	3.87
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	1.0200	5.02	5.12
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.			
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.			
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0459	4.00	0.18
			Total DA02075	40.00	11.73	469.20
DA02660	Partida	M2	DEMOLICION PAVIMENTO ASF. O BASE HORM. 15 CM.	152.00	14.31	2,175.12
			DEMOLICIÓN BASE DE PAVIMENTO, DE HORMIGÓN DE 15 CM. DE ESPESOR, INCLUSO RETIRADA DE ESCOMBROS A VERTEDERO.			
MQPP002_A	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	0.1500	5.26	0.79
MMM036	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	0.1500	1.11	0.17
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.6043	14.63	8.84
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP001_A	Material	m3	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	1.0000	2.05	2.05
			CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.			
MMM005	Material	H	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN	0.0495	21.80	1.08
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.			
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3	0.0148	65.28	0.97
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.			
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.1015	4.00	0.41
			Total DA02660	152.00	14.31	2,175.12
DA11010	Partida	M2	RECOMPOSICION DE ACERAS	135.00	107.94	14,571.90
			RECOMPOSICIÓN DE ACERAS (DE BALDOSA HIDRÁULICA, CEMENTO, ASFALTO...) INCLUSO BASE DE HORMIGÓN Y MORTERO DE AGARRE.			
MTPP1003_A	Material	m2	BALDOSA 25X25 CM.	1.0000	9.57	9.57
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.0730	17.70	1.29
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.1235	14.63	1.81
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP002_A	Material	m3	MORTERO CEM. PORTLAND+ARENA 250KG/M3,1:6,HORM.165L	0.2000	79.39	15.88
			MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y ARENA CON 250 KG/M3 DE CEMENTO, CON UNA PROPORCION EN VOLUMEN 1:6, ELABORADO EN LA OBRA CON HORMIGONERA DE 165 L			
MTA22300	Material	m3	AGUA	0.2000	1.12	0.22
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.3476	14.63	19.72
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
MTPP1004	Material	T	ARENA PIEDRA GRANIT. P/MORTE.	1.6300	19.33	31.51
			ARENA DE CANTERA DE PIEDRA GRANÍTICA PARA MORTERO.			
MTPP1001_A	Material	t	CEMENTO PORT.ESCOR. CEM III/B-S/32,5,SACOS	0.2500	106.32	26.58
MMM033	Material	H	HORMIGONERA 165L	0.6708	2.03	1.36
			HORMIGONERA DE 165 L			
			Total PAPP002_A	135.0000	107.94	14,571.90
DA11075	Partida	ML	COLOCACION DE BORDILLO	40.00	115.52	4,620.80
			COLOCACIÓN DE BORDILLO, INCLUSO LECHO DE HORMIGÓN Y REJUNTADO CON MORTERO DE CEMENTO.			
MTPP1009_A	Material	m	BORDILLO PREF HORM., 20X25 CM.	1.0500	4.99	5.24
			BORDILLO PREFABRICADO DE HORMIGÓN, 20X25 CM.			
MO003	Material	H	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.1165	17.70	2.06
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.2470	14.63	3.61
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			
PAPP002_A	Material	m3	MORTERO CEM. PORTLAND+ARENA 250KG/M3,1:6,HORM.165L	0.2500	83.69	20.92
			MORTERO DE CEMENTO PORTLAND Y ARENA CON 250 KG/M3 DE CEMENTO, CON UNA PROPORCION EN VOLUMEN 1:6, ELABORADO EN LA OBRA CON HORMIGONERA DE 165 L			
MTA22300	Material	m3	AGUA	0.2000	2.25	0.45

MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.3476	15.32	20.65
MTPP1004	Material	T	ARENA PIEDRA GRANIT. P/MORTE. ARENA DE CANTERA DE PIEDRA GRANÍTICA PARA MORTERO.	1.6300	21.26	34.65
MTPP1001_A	Material	t	CEMENTO PORT.ESCOR. CEM II/B-S/32,5,SACOS	0.2500	106.32	26.58
MMM033	Material	H	HORMIGONERA 165L HORMIGONERA DE 165 L	0.6708	2.03	1.36
Total PAPP002_A				40.0000	115.52	4,620.80
DA11130	Partida	M2	RECOMP. PAVT° AGLOM. ASF. 10 FONDO. RECOMPOSICIÓN DE PAVIMENTO CON AGLOMERADO FONOABSORBENTE DE 10 CM DE ESPESOR	152.00	40.08	6,092.16
MTPP1010B	Material	m2	RIEGO DE IMPRIMACIÓN RIEGO DE IMPRIMACIÓN	1.0000	0.41	0.41
MTPP1011B	Material	m2	RIEGO DE ADHERENCIA RIEGO DE ADHERENCIA	1.0000	0.22	0.22
MTPP1008B	Material	m2	MEZCLA BITUM. CALIENTE S-12, ÁRIDO CALIZO, BETÚN ASF. 6 CM. MEZCLA BITUM. CALIENTE S-12, ÁRIDO CALIZO, BETÚN ASF. 6 CM.	1.0000	24.14	24.14
MTPP1009B	Material	m2	M.BITUM. CALIENTE SMA-11, ÁRIDO PORFIDICO, FONOABSORBENTE 3 CM. M.BITUM. CALIENTE SMA-11, ÁRIDO PORFIDICO, FONOABSORBENTE 3 CM.	1.0000	13.77	13.77
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.3854	4.00	1.54
Total DA11130				152.00	40.08	6,092.16
PSF310	Material	UD	ARQUETA VALV 150-200 (1.65x1.30) Arqueta para válvula diámetro 150-200 mm., de unas dimensiones interiores de 1.65x1.30 m. y profundidad (según perfil); formada por solera de hormigón de 25 cm. de espesor, muros de 20 cm. de espesor, y losa de cubrición de 30 cm. de espesor, todo en hormigón armado HA-25/P/20/IIa, incluyendo trapa de fundición diámetro 600 mm., y pates de polipropileno para acceso a interior.	15.0000	1,600.64	24,009.60
MTPP1071	Material	ud	Marco y trapa de fundición diámetro 600 mm. Marco y trapa de fundición diámetro 600 mm.	1.0000	99.82	99.82
MTPP1102	Material	m3	Hormigón HA-25/P/20/IIa Hormigón armado tipo HA-25/P/20/IIa, incluyendo suministro.	1.2100	70.51	85.32
MTPP1047	Material	kg	Acero corrú AEH-500NØ16 (1.580) Acero redondo corrugado AEH-500N, de 16 (1.580) mm. de diámetro, homologado (1.580 Kg/m.).	6.1500	0.72	4.43
MTPP1052	Material	u	Pate pref a galv 250x315 mm Pate prefabricado de acero galvanizado, de dimensiones 250x315 mm. y 18 mm. de diámetro.	4.0000	12.26	49.04
MOPP001	Mano de obra	h	Oficial de 1º. Oficial de 1º.	5.3690	17.70	95.03
MOPP003	Mano de obra	h	Peón ordinario. Peón ordinario.	5.8000	25.07	145.41
DA31310	Partida	M2	ENCOFRADO MUROS Y LOSAS Encofrado y desencofrado mediante tablas o paneles metálicos, en muros y losas.	32.0200	31.03	993.58
%M.AUX	Otros	%	4% (3% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	19.2523	4.00	77.01
AP01	Material		Sin descomposición. Total PSF310	0.0000	0.00	0.00
MO003	Material	H	OFICIAL 1º CONSTRUCCIÓN	1.5170	17.70	26.85
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.5170	14.63	22.19
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.4904	4.00	1.96
Total DA21080				15.00	1,600.64	24,009.60
Total C01				1	55,239.53	55,239.53
C02	Capitulo	MOVIMIENTO DE TIERRAS		1	10,996.68	10,996.68
DA21025	Partida	M3	EXCAV. MAQUINA ZANJA EN TIERRA EXCAVACIÓN CON MEDIOS MECÁNICOS DE ZANJA EN TIERRA, CON UNA TOLERANCIA DE RASANTEO DE +/- 5 CM.	260.00	9.85	2,561.00
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3 RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1	0.0790	65.28	5.16
MO003	Material	H	OFICIAL 1º CONSTRUCCIÓN	0.1128	17.70	2.00
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.1578	14.63	2.31
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0947	4.00	0.38
REDON_A	Partida		REDONDEO Total DA21025	0.0000	0.01	0.00
				260.00	9.85	2,561.00
DA21080	Partida	M3	EXCAV. MANUAL ZANJA EN TIERRA EXCAVACIÓN MANUAL DE ZANJA EN TIERRA, CON UNA TOLERANCIA DE RASANTEO DE +/- 5 CM.	42.00	51.00	2,142.00
MO003	Material	H	OFICIAL 1º CONSTRUCCIÓN	1.5170	17.70	26.85
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.5170	14.63	22.19
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.4904	4.00	1.96
Total DA21080				42.00	51.00	2,142.00
DA21420	Partida	M3	TAPADO ZANJA CON ARENA TAPADO Y REGADO DE ZANJA CON APORTACIÓN DE ARENA O ÁRIDO FINO, EN LECHO, LATERALES Y LOMO DE TUBERÍA	260.00	16.36	4,253.60
MTPP1041_A	Material	t	ARENA AMARILLA. ARENA AMARILLA.	0.5000	6.75	3.38
MMM044	Material	H	RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3 RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1	0.1000	65.28	6.53
MMM054	Material	H	RÓDILLO VIBRATORIO AUTPRO 4TM RÓDILLO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO DE 4 TM.	0.0200	55.41	1.11
MO023	Material	h	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.3218	14.63	4.71
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.1573	4.00	0.63

			Total DA21420		260.00	16.36	4,253.60
DA21450	Partida	M3	TAPADO ZANJA CON ZAHORRAS		38.00	22.93	871.34
MTPP1034_A	Material	Tn	TAPADO Y COMPACTADO DE ZANJA CON APORTACIÓN DE ZAHORRAS LIMPIAS, PROCEDENTES DE MACHAQUEO, EXTENDIDAS CARGADA DE 25 CM. DE ESPESOR MÁXIMO, COMPLETADA AL 100% DEL PROYECTO MODIFICADO ZAHORRA ARTIFICIAL 0/80		1.5000	6.92	10.38
MMM044	Material	H	ZAHORRA ARTIFICIAL 0/80, LAVADA, A PIE DE OBRA, CONSIDERANDO TRANSPORTE CON CAMIÓN DE 25 T.		0.0599	65.28	3.91
MMM054	Material	H	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.		0.0300	55.41	1.66
MO023	Material	h	RODILLO VIBRATORIO AUTOPRO 4TM RODILLO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO DE 4 TM.		0.4168	14.63	6.10
%M.AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN. PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.		0.2205	4.00	0.88
			Total DA21450		38.00	22.93	871.34
DA21621	Partida	M3	CARGA Y TRANSPORTE PRODUCT. EXCAV. VERT.		302.00	3.87	1,168.74
MMM044	Material	H	CARGA Y TRANSPORTE DE PRODUCTOS PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN, A VERTEDERO A CUALQUIER DISTANCIA INCLUIDO CAMIÓN DE VERTEDERO RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3		0.0454	65.28	2.96
MMM005	Material	H	RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1 M3.		0.0350	21.80	0.76
%M.AUX	Otros	%	CAMIÓN BASCULANTE 12 TN CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.		0.0372	4.00	0.15
			Total DA21621		302.00	3.87	1,168.74
			Total C02		1	10,996.68	10,996.68
C03	Capitulo		VALVULAS, TUBERIAS Y PIEZAS ESPECIALES		1	25,042.12	25,042.12
DB51020	Partida	M	TUBERÍA P.E. (A.D.) PE 100A DN 315 PN 10		296.6500	41.11	12,195.28
MTPP202	Material	m	Tubería de polietileno (alta densidad) PE 100A diámetro exterior 315 mm, de PN 10.		1.0000	36.94	36.94
AP59	Material		Tubería P.E. (A.D.) PE 100A DN 315 PN 10.		0.0000	0.00	0.00
%M.AUX	Otros	%	Tubería polietileno (A.D.) PE 100A PN 10. Tubería polietileno (A.D.) PE 100A PN 10.		1.0432	4.00	4.17
			Total DB51020		296.6500	41.11	12,195.28
DB51021	Partida	M	TUBERÍA P.E. (A.D.) PE 100A DN 225 PN 10		63.1300	23.12	1,459.57
MTPP203	Material	m	Tubería de polietileno (alta densidad) PE 100A diámetro exterior 225 mm, de PN 10.		1.0000	18.95	18.95
AP59	Material		Tubería P.E. (A.D.) PE 100A DN 225 PN 10.		0.0000	0.00	0.00
%M.AUX	Otros	%	Tubería polietileno (A.D.) PE 100A PN 10. Tubería polietileno (A.D.) PE 100A PN 10.		1.0432	4.00	4.17
			Total DB51020		63.1300	23.12	1,459.57
DB51206	Partida	ML	TUBERIA P.E. ø 160, 10 ATM. (AD. PE-100)		50.5300	12.56	634.66
MTB51206	Material	ML	TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD. PE-100) DIAMETRO EXTERIOR 160 MM. (ESPESOR 9.50 MM.), DE 10 ATM.		1.0000	11.74	11.74
%T7	Otros	H	TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD) DIAMETRO EXTERIOR 160 MM. (ESPESOR 9.5 MM.), DE 10 ATM. TRANSPORTE		0.1174	7.00	0.82
			Total DB51205		50.5300	12.56	634.66
DB51305	Partida	ML	TUBERIA P.E. ø 110, 10 ATM. (AD. PE-100)		226.1000	4.84	1,094.32
MTB51305	Material	ML	TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD. PE-100) DIAMETRO EXTERIOR 110 MM. (ESPESOR 6.60 MM.), DE 10 ATM.		1.0000	4.57	4.57
%T7	Otros	H	TUBERIA DE POLIETILENO (ALTA DENSIDAD) DIAMETRO EXTERIOR 1100 MM. (ESPESOR 6.6 MM.), DE 10 ATM. TRANSPORTE		0.0386	7.00	0.27
			Total DB51305		226.1000	4.84	1,094.32
DC04720	Partida	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 300 PN-10		2.0000	721.78	1,443.56
MTC04720	Material	UD	VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 300 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		1.0000	712.50	712.50
%T4	Otros		VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		2.3192	4.00	9.28
			Total DC04720		2.0000	721.78	1,443.56
DC04721	Partida	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 200 PN-10		2.0000	434.00	868.00
MTC04721	Material	UD	VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 200 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		1.0000	424.72	424.72
%T4	Otros		VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		2.3192	4.00	9.28
			Total DC04721		2.0000	434.00	868.00
DC04722	Partida	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 150 PN-10		3.0000	241.20	964.80
MTC04722	Material	UD	VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		1.0000	231.92	231.92
%T4	Otros		VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 150 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CONSTRUCION CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (REVISTO DE ELASTOMERO EPDM)		2.3192	4.00	9.28
			Total DC04722		4.0000	241.20	964.80

DC04772	Partida	UD	VALVULA COMP. C.E. ø 100 PN-10	12.0000	140.37	721.25
MTC04772	Material	UD	VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 100 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (SUELO DE ELASTOMERO EPDM)	1.0000	134.97	134.97
%T4	Otros		VALVULA DE COMPUERTA CIERRE ELASTICO, DIAMETRO 100 MM., PARA PRESION DE TRABAJO DE 10 KG/CM2., CON BRIDAS PN-10 CON CUERPO DE FUNDICION SUETA. COMPUERTA DEL MISMO MATERIAL (SUELO DE ELASTOMERO EPDM) TRANSPORTE	1.3497	4.00	9.28
			Total DC04772	5.0000	144.25	721.25
PZ0596	Material	UD	VÁLVULA AUTOMÁTICA REDUCTORA DE Ø100 MM.	1.00	2,676.84	2,676.84
MTPP718	Material		VÁLVULA AUT. PILOTO DE Ø100 MM.	1.0000	2,670.00	2,670.00
%M_AUX	Otros	%	6% (5% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	1.1403	6.00	6.84
			Total PZ0596	1.00	2,676.84	2,676.84
PZ0597	Material	UD	VÁLVULA AUTOMÁTICA REDUCTORA DE Ø125 MM.	1.00	2,983.84	2,983.84
MTPP718	Material		VÁLVULA AUTOMÁTICA PILOTO DE Ø125 MM.	1.0000	2,977.00	2,977.00
%M_AUX	Otros	%	6% (5% Medios Auxiliares + 1% Control Calidad)	1.1403	6.00	6.84
			Total PZ0597	1.00	2,983.84	2,983.84
			Total C03	1	25,042.12	25,042.12
C04	Capitulo		MONTAJE	1	4,762.19	4,762.19
DE11459	Partida	UD	MONTAJE VALV. COMPUERTA Ø 300	2.00	230.02	460.04
MO003	Material	H	MONTAJE VÁLVULA COMPUERTA, DIÁMETRO 300 MM.	7.4000	17.70	130.98
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	6.6464	14.63	97.24
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.4489	4.00	1.80
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	2.00	230.02	460.04
			Total DE11459	2.00	230.02	460.04
DE11420	Partida	UD	MONTAJE VALV. AUT/COMPUERTA Ø 200	2.00	191.03	382.06
MO003	Material	H	MONTAJE VÁLVULA COMPUERTA, DIÁMETRO 200 MM.	5.9178	17.70	104.75
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	5.4880	14.63	80.29
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.4964	4.00	5.99
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	2.00	191.03	382.06
			Total DE11420	2.00	191.03	382.06
DE11421	Partida	UD	MONTAJE VALV. AUT/COMPUERTA Ø 150	4.00	152.91	611.64
MO003	Material	H	MONTAJE VÁLVULA COMPUERTA, DIÁMETRO 150 MM.	4.1780	17.70	73.95
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	4.9880	14.63	72.97
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	1.4964	4.00	5.99
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	4.00	152.91	611.64
			Total DE11421	4.00	152.91	611.64
DE11450	Partida	UD	MONTAJE VALV. AUT/COMPUERTA Ø 100	5.00	58.37	291.85
MO003	Material	H	MONTAJE VÁLVULA COMPUERTA, DIÁMETRO 100 MM.	1.4694	17.70	26.01
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	2.0580	14.63	30.11
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.5612	4.00	2.24
REDON_A	Partida		PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.0000	0.01	0.01
			REDONDEO	5.00	58.37	291.85
			Total DE11450	5.00	58.37	291.85
DE02210	Partida	ML	MONTAJE TUB. PE Ø 100-300	300.00	7.72	2,316.00
MMM010	Material	h	DESCARGA, ACARREO, COLOCACIÓN Y MONTAJE DE TUBERÍA PE, DIÁMETRO 100-300 MM.	0.0179	34.56	0.62
MO003	Material	H	CAMIÓN GRÚA 10 TN	0.1800	17.70	3.19
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	0.2470	14.63	3.61
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.0742	4.00	0.30
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	300.00	7.72	2,316.00
			Total DE02210	300.00	7.72	2,316.00
DE22270	Partida	UD	MONTAJE PIEZAS ESPECIALES Ø 100-300	20.00	35.03	700.60
MO003	Material	H	MONTAJE DE PIEZAS ESPECIALES, DIÁMETRO 100-300 MM.	0.8820	17.70	15.61
MO023	Material	h	OFICIAL 1ª CONSTRUCCIÓN	1.2348	14.63	18.07
%M_AUX	Otros	%	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN	0.3368	4.00	1.35
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	20.00	35.03	700.60
			Total DE22270	20.00	35.03	700.60
			Total C04	1	4,762.19	4,762.19
C05	Capitulo		GESTIÓN DE RESIDUOS	1	1,461.92	1,461.92
DA64002	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO TIERRAS	302.00	1.38	416.76

MO017	Material	h	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES TIPO TIERRAS (LER 17 05 04), PROCEDENTES DE LA EXCAVACIÓN SIN INCLUIR RECOGIDA, CARGA, TRANSPORTE Y VERTIDO. SI INCLUYE VALORIZACIÓN EN SU CASO INCLUYENDO ELIMINACIÓN EN VERTEDEROS DE PEÓN ESPECIALISTA CONSTRUCCIÓN	0.0050	14.63	0.07
GR10001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO TIERRAS	1.0000	1.26	1.26
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0133	4.00	0.05
			Total DA64002	302.00	1.38	416.76
DA64004	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO HORMIGÓN	132.00	4.93	650.76
MO017	Material	h	GESTIÓN DE LOS RESIDUOS INERTES TIPO HORMIGÓN (LER 17 01 01), PROCEDENTES DE LA DEMOLICIÓN, SIN INCLUIR RECOGIDA, CARGA, TRANSPORTE Y VERTIDO. SI INCLUYE VALORIZACIÓN EN SU CASO INCLUYENDO ELIMINACIÓN EN VERTEDEROS DE PEÓN ESPECIALISTA CONSTRUCCIÓN	0.0600	14.63	0.88
GR30001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO HORMIGÓN	1.0000	3.86	3.86
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0474	4.00	0.19
			Total DA64004	132.00	4.93	650.76
DA64005	Partida	M3	GESTION RESIDUOS INERTES TIPO AGLOMERADO	80.00	4.93	394.40
MO017	Material	h	PEÓN ESPECIALISTA CONSTRUCCIÓN	0.0600	14.63	0.88
GR40001_1	Partida	M3	CANON RESIDUOS TIPO AGLOMERADO	1.0000	3.86	3.86
%M.AUX	Otros	%	4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	0.0474	4.00	0.19
			Total DA64005	80.00	4.93	394.40
			Total C05	1	1,461.92	1,461.92
C06	Capitulo		VIARIOS	1	11,258.93	11,258.93
DO02110	Partida	PA	AVISO Y CERRADA	1.00	676.28	676.28
VA0012	Partida	UD	AVISO Y CERRADA DEL SERVICIO, MANIOBRANDO LAS VALVULAS NECESARIAS PARA AISLAR Y AFECTAR LA MENOR ZONA VACIADO DE TUBERÍAS EN ZONA CERRADA	8.00	922.97	7,383.76
MQPP046	Material	h	Bomba de achique.	12.0000	7.93	95.16
MOPP045_D	Material	h	OFICIAL AYUDANTE	0.6500	32.42	21.07
MOPP047_D	Material	h	OFICIAL AYUDANTE			
			PEÓN.	3.0000	28.81	86.43
%M.AUX6	Otros	%	6% (5% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	7.3375	6.00	44.03
			Total VA0012	8.00	922.97	7,383.76
DA04066	Partida	UD	CATA DE 1X1X1 PARA LOCALIZACIÓN DE SERVICIOS	3.00	530.95	1,592.85
MQPP002_A	Material	H	TRABAJOS PREVIOS Y CONFECCION DE CALAS PARA LOCALIZACION DE SERVICIOS DE UNAS DIMENSIONES DE 1X1X1.	2.0000	5.26	10.52
MMM036	Material	H	COMPRESOR DIÉSEL 4M3	1.5000	1.11	1.67
MO003	Material	H	MARTILLO PICADOR NEUMÁTICO	1.8200	17.70	32.21
MO023	Material	h	OFICIAL 1º CONSTRUCCIÓN	2.0000	14.63	29.26
PAPP001_A	Material	m3	PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN.			
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	3.0000	75.71	227.13
MMM005	Material	H	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EM	0.0495	21.80	1.08
MMM044	Material	H	CARGA Y TRANSPORTE A LUGAR DE EMPLEO O VERTEDERO.	0.0148	65.28	0.97
			CAMIÓN BASCULANTE 12 TN			
			CAMIÓN BASCULANTE DE 12 TM.			
			RETRO NEUMÁTICO 130CV 1M3			
			RETROEXCAVADORA DE NEUMÁTICOS DE POTENCIA 130 CV, CAPACIDAD DE LA CUCHARA RETROEXCAVADORA ESTÁNDAR 1	3.0000	75.71	227.13
%M.AUX	Otros	%	Total PAPP001_A	0.7571	4.00	3.03
			4% (3% MEDIOS AUXILIARES + 1% CONTROL CALIDAD)	3.00	530.95	1,592.85
			Total DA04066			
MJ0003	Maquinaria	UD	CONEXIÓN A RED EXISTENTE IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.	2.00	313.95	627.90
MTPP812	Material	ud	CONEXIÓN A RED EXISTENTE DE DIÁMETRO IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.	1.0000	231.77	231.77
MOPP045	Material	h	Piezas para conexión a red existente de diámetro igual o inferior	0.5000	32.42	16.21
MOPP047	Material	h	CONEXIÓN A RED EXISTENTE DE DIÁMETRO IGUAL O INFERIOR A Ø 100 MM.	1.5000	28.81	43.22
%M_AUX	Otros	%	Oficial Ayudante	3.7910	6.00	22.75
			OFICIAL AYUDANTE	2.00	313.95	627.90
			Peón.			
			PEÓN.			
			Total MJ0003			
DN02210	Partida	UD	VALLA RIGIDA P/METALICOS 2.40 M.	12.00	5.08	60.96
MTN01210	Material	UD	VALLA DE PIES METALICOS, DE 2.40 M.	0.1500	32.78	4.92
MO023	Material	h	VALLA DE PIES METALICOS, DE 2.40 M., PARA CUATRO USOS.	0.0110	14.63	0.16
			PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN			
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	12.00	5.08	60.96
DN02235	Partida	UD	SEÑAL TRAFICO C/SOPORTE	5.00	60.88	304.40
MTN01235	Material	UD	SEÑAL NORMALIZADA DE TRAFICO, CON SOPORTE METALICO, INCLUSO COLOCACION.	0.3330	126.38	42.08
MTN01240	Material	UD	SEÑAL TRAFICO	0.3330	29.85	9.94
MO023	Material	h	SEÑAL NORMALIZADA DE TRAFICO, PARA TRES USOS.	0.6054	14.63	8.86
			SOPORTE SEÑAL			
			SOPORTE SEÑAL DE TRAFICO, PARA TRES USOS.			
			PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN			
			PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.			

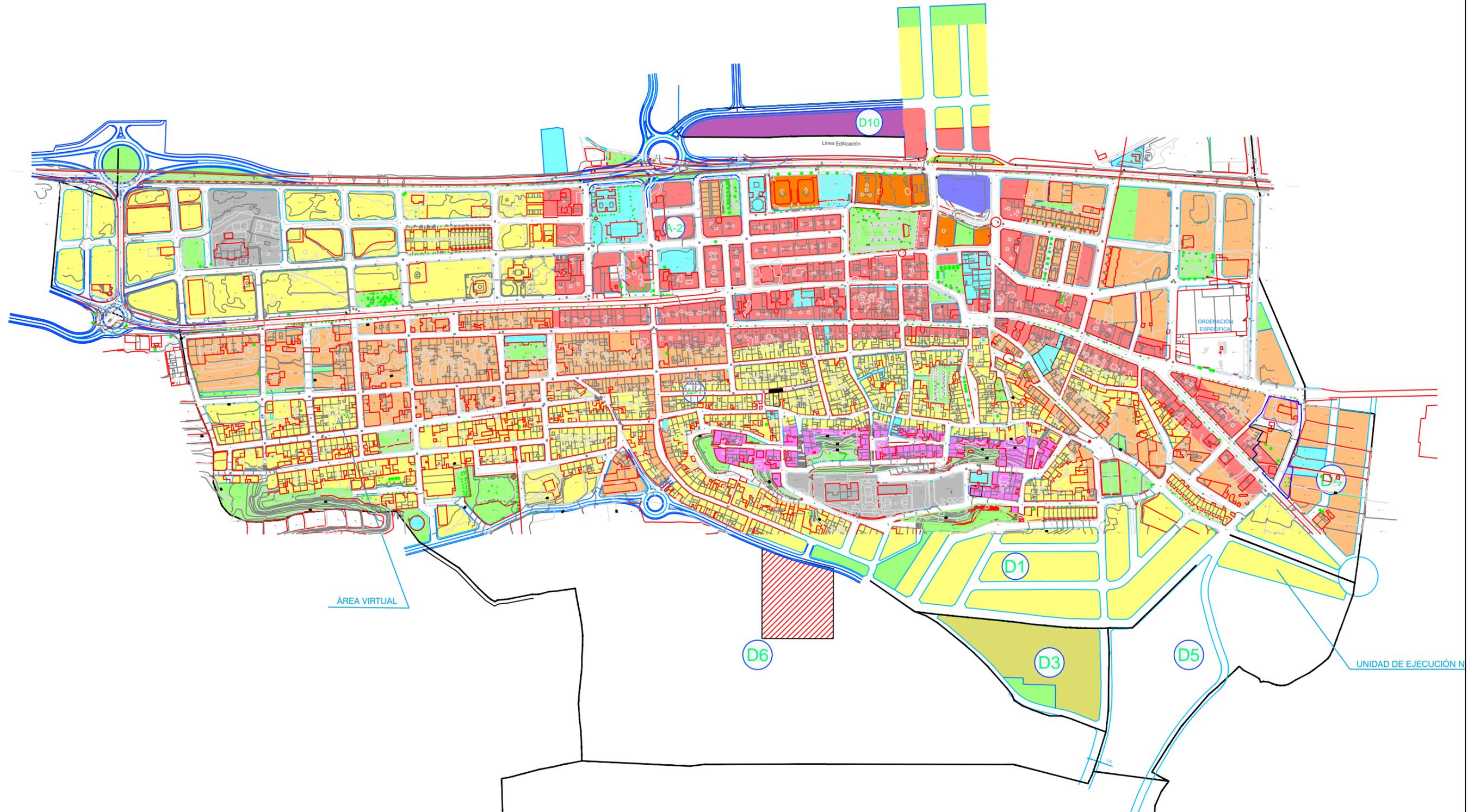
Total DN02235			5.00	60.88	304.40
DN02310	Partida	H. MANO DE OBRA SEÑALISTA PERSONAL EN SEÑALIZACION.	30.00	17.70	531.00
MO023	Material	h PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	1.2097	14.63	17.70
Total DN02310			30.00	17.70	531.00
DN02280	Partida	UD BALIZA FLUORESC. 0.50 M. BALIZA TRONCOCONICA FLUORESCENTE, DE 50 CMS. DE ALTURA, INCLUSO COLOCACION.	6.00	13.63	81.78
MTN01280	Material	ML BALIZA FLUORESC. 0.50 M. BALIZA TRONCOCONICA FLUORESCENTE, DE 50 CMS. DE ALTURA, PARA DOS USOS.	0.5000	25.50	12.75
MO023	Material	h PEÓN ORDINARIO CONSTRUCCIÓN PEON ORDINARIO CONSTRUCCION.	0.0604	14.63	0.88
Total DN02280			6.00	13.63	81.78
Total C06			1	11,258.93	11,258.93
C07	Capitulo	SEGURIDAD Y SALUD - FORMACIÓN OPERARIOS	1	393.62	393.62
DSEGSALUD	Partida	Ud DOTACIÓN PARA EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD DOTACIÓN PARA EL PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD	2.00	196.81	393.62
Total C07			1	393.62	393.62
Total PRESUPUESTO				109,154.99	

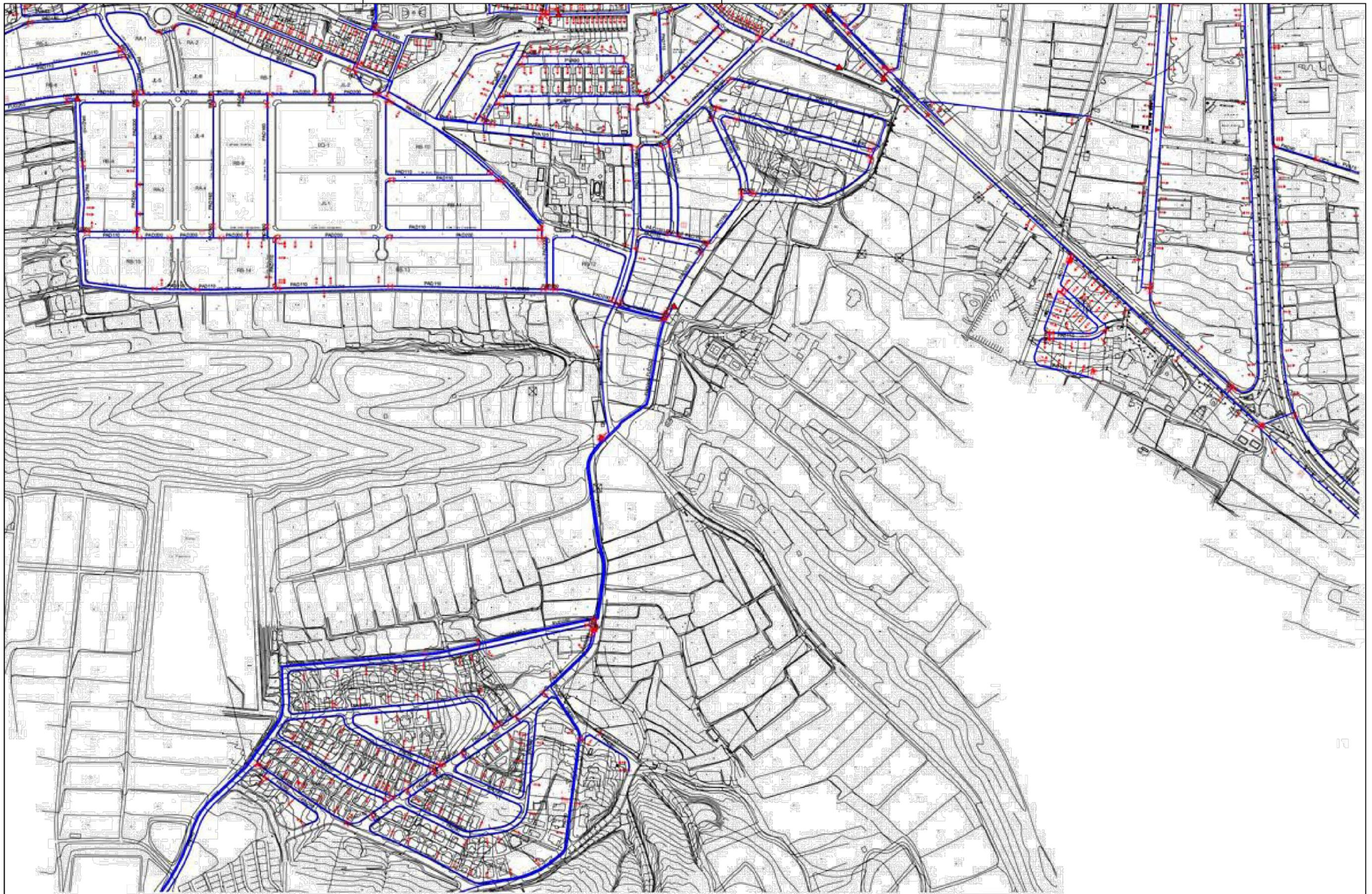


PLANOS

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA







TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: Elaboración del modelo matemático de la red de abastecimiento de agua de Bigastro. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

Plano: Callejero parcial de Bigastro (zona sur)

Autor: Esmeralda Pérez Martínez

Fecha: Julio 2015

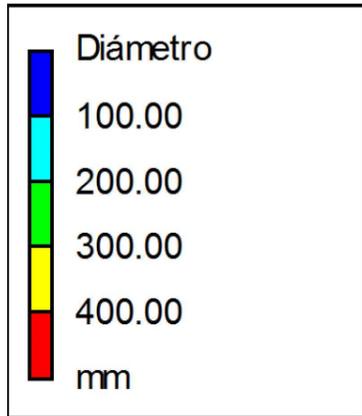
Escala: 1:5000

Nº Plano:

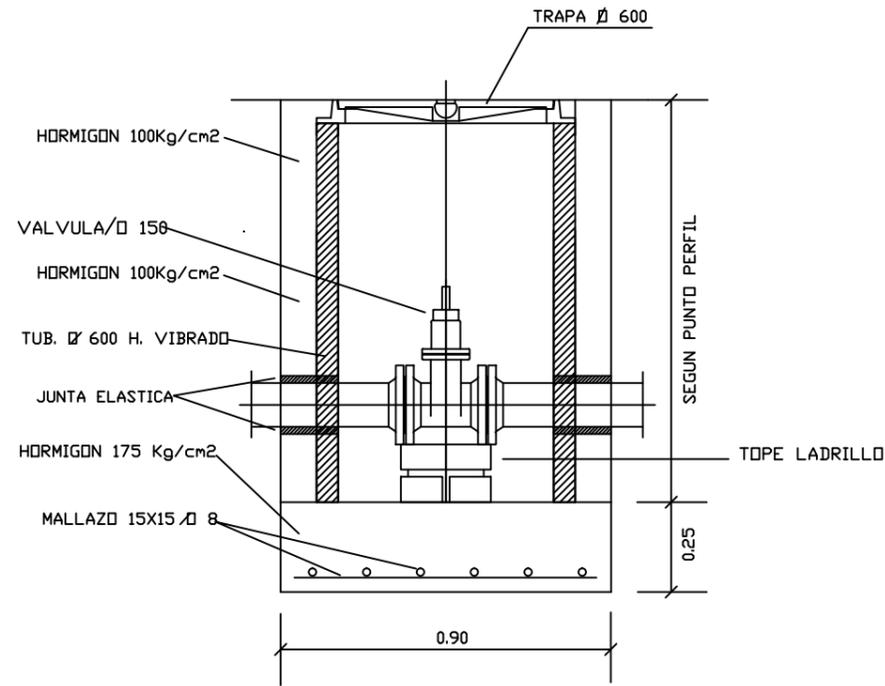
2



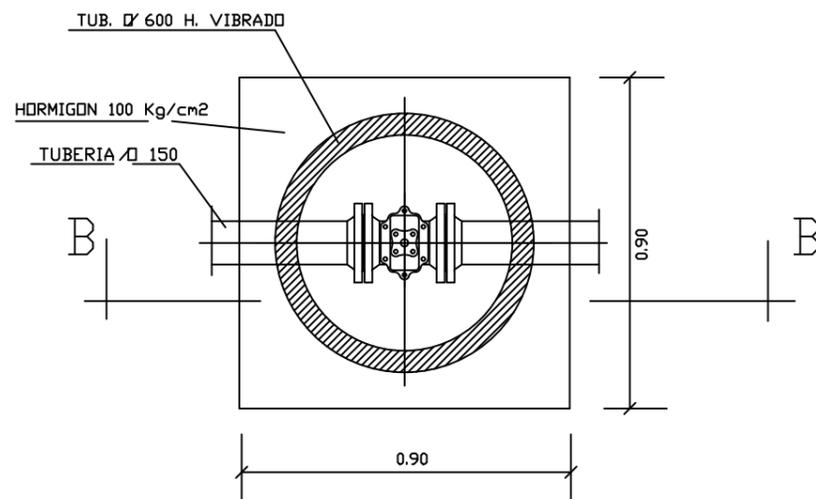
- Sector Sardina izquierda
- Sector Sardina derecha
- Sector Cabezo - Cruz
- Sector Sardina centro



ARQUETA VALVULA Ø 150

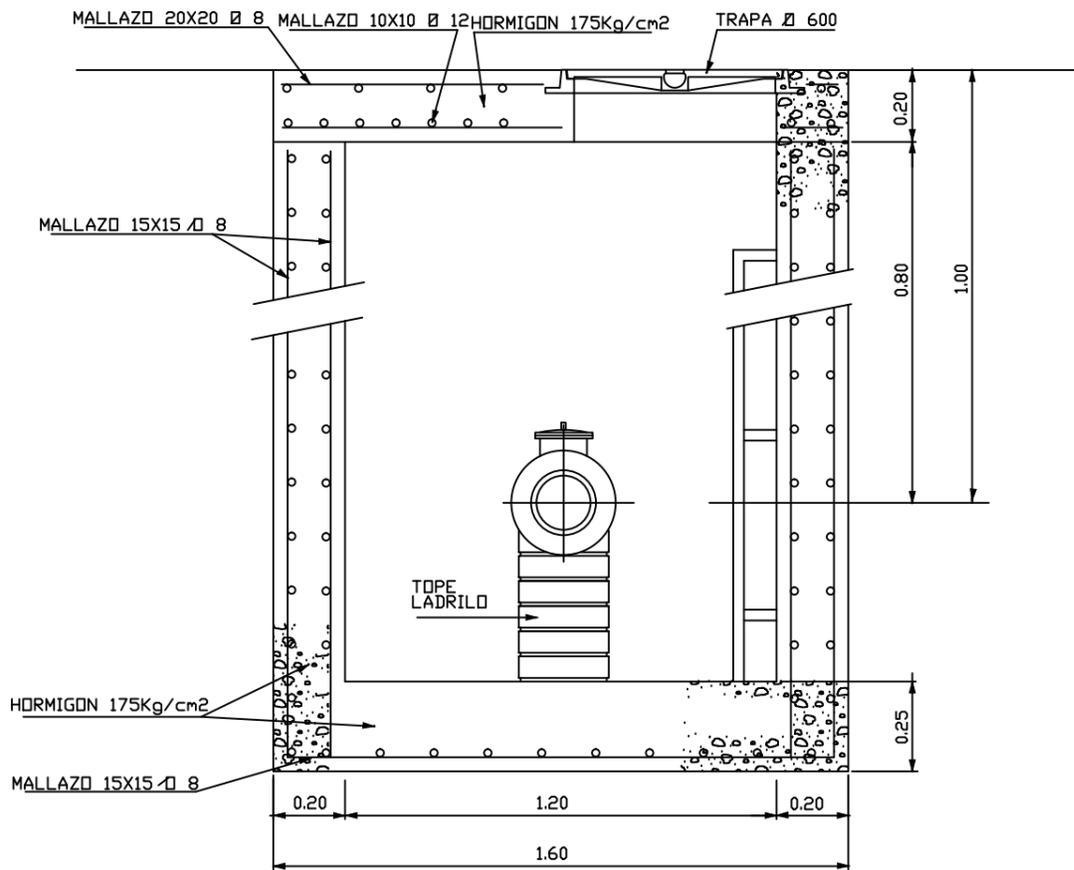


SECCION B-B

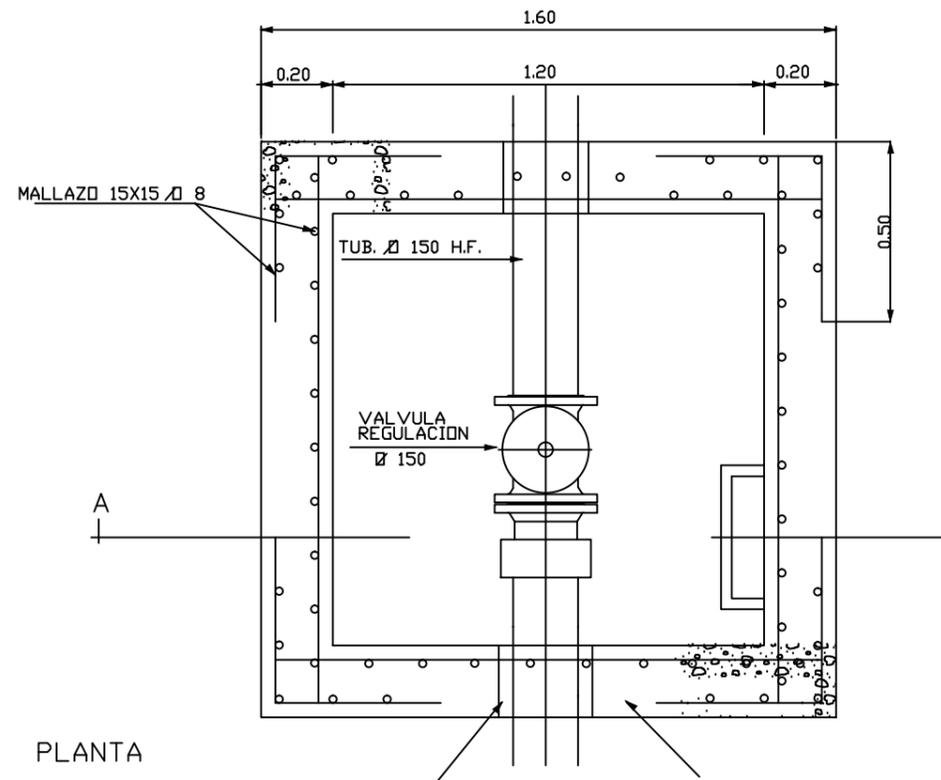


PLANTA

ARQUETA VALVULA/Ø 150 Y VALVULA Ø 150 REDUCTORA DE PRESION



SECCION A-A

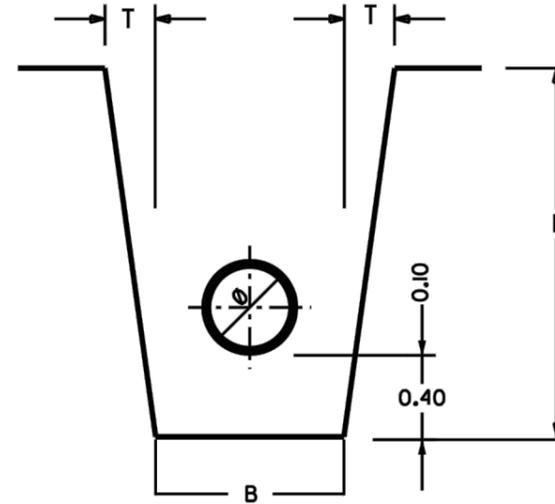
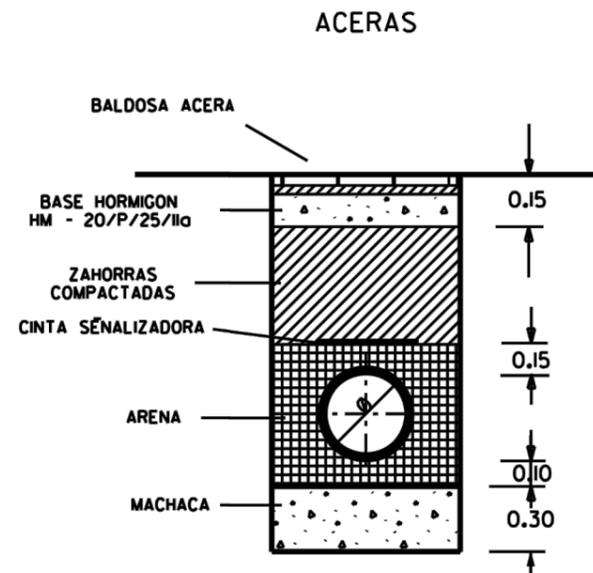


PLANTA

NOTA:
HORMIGON ARMADO
HA - 25/P/20 IIα

HORMIGON EN MASA
HM - 20/P/25 IIα

ZANJAS TIPO



T.- TALUDES
 H.- ALTURA ZANJA

ARENA Y ESCOMBROS T=H
 TIERRA SUELTA T=0.50 x H
 TIERRA COMPACTA T=0.20 x H
 TAPAZ T=0.10 x H
 ROCA T=0

TUBERIA POLIETILENO
 Y HIERRO FUNDIDO

B.- ANCHO ZANJA

DIAMETRO	B TIERRA	B TAPAZ	B ROCA
100	0.60	0.60	0.60
150	0.60	0.60	0.60
200	0.60	0.60	0.60
250	0.60	0.60	0.60
300	0.85	0.75	0.65
350	0.90	0.80	0.70
400	1.00	0.90	0.80
450	1.05	0.95	0.85
500	1.10	1.00	0.90
600	1.20	1.10	1.00

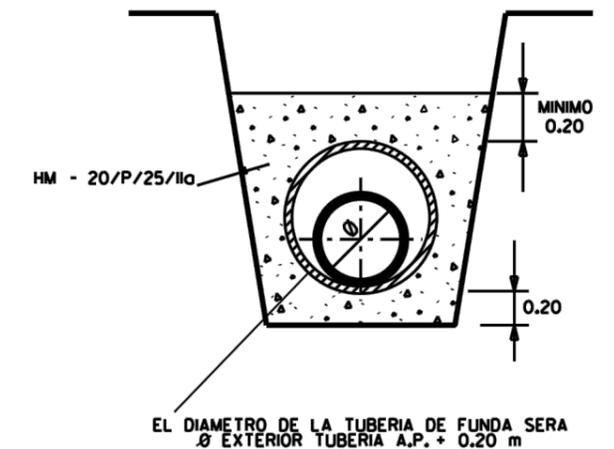
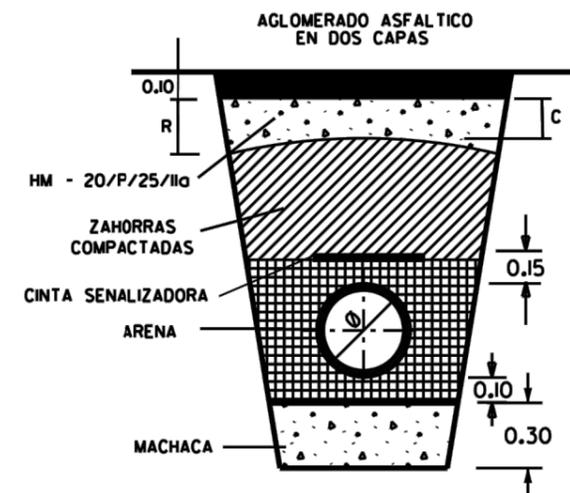
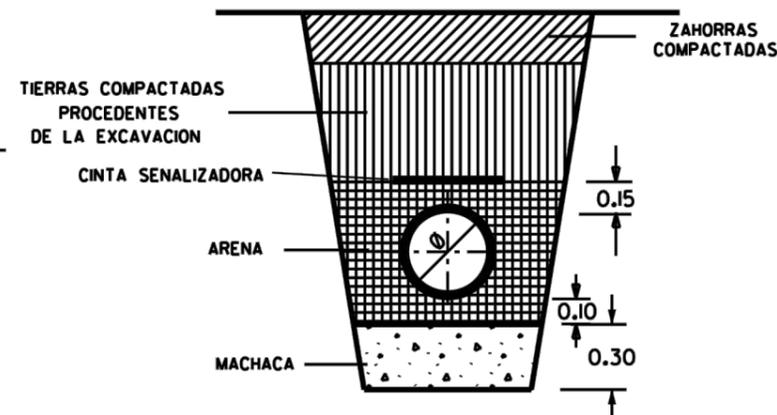
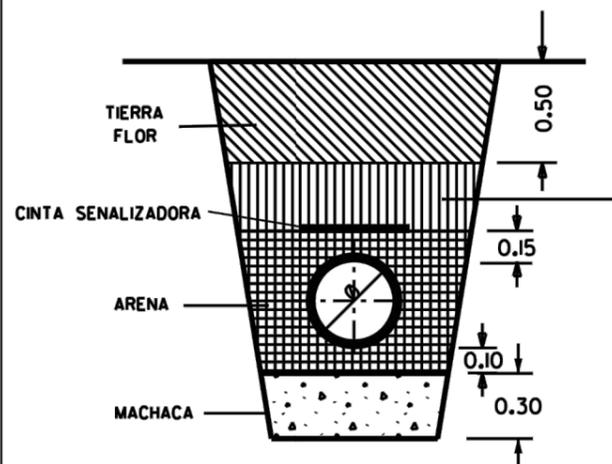
TAPADO DE ZANJAS

CAMPOS

CAMINOS

CALZADA

PROTECCION EN CRUCES



DIAMETRO	R	C
80a250	25	15
300a500	30	20
600a1200	35	25

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN TECNOLOGIAS INDUSTRIALES



Proyecto: Elaboración del modelo matemático de la red de abastecimiento de agua de Bigastro. Propuestas de mejora de su funcionamiento actual.

Plano: Detalle zanja (fte.: Aguas de Valencia)

Autor: Esmeralda Pérez Martínez

Fecha: Julio 2015

Escala: Detalle

Nº Plano:

8