



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA QUÍMICA

ANÁLISIS Y MEJORA DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO E INYECCIÓN DE FERTILIZANTES EN LA RED DE RIEGO DE COVA SANTA (PICASSENT, VALENCIA)

AUTOR: Laura Peñarrubia Redondo

TUTOR: Juan Manzano Juárez

Curso Académico: 2016-17

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría decir que me siento orgullosa de haber llegado hasta aquí. Ha sido una bonita etapa de mi vida, en la que he puesto a prueba mi esfuerzo y determinación en varias ocasiones. Pero lo importante ha sido poder superar todos esos momentos difíciles y haber conseguido llegar al final de este camino a través del proyecto que presento a continuación.

He de dar las gracias a mi tutor Juan Manzano, por haber hecho posible la realización de este proyecto, y por su atención y tiempo de dedicación sobre el mismo.

Por otra parte, me gustaría agradecer a mi familia, ya que sin su apoyo constante me hubiera sido imposible llegar hasta aquí.

Y por último agradecer a mis amigos y personas más cercanas, que me han brindado su ayuda y me han motivado siempre durante todo este tiempo.

RESUMEN

La eficiencia de los sistemas de riego es un problema que afecta a la actualidad, debido principalmente al gran problema de escasez del agua que sufre la población a nivel mundial. Por tanto, es de vital importancia administrar de forma eficiente el uso del agua en el ámbito agronómico, sin a su vez perder atención al cuidado de los cultivos y mantenimiento de su calidad y cantidad de producción de los mismos.

En este proyecto se va a analizar una red concreta de riego colectivo a cítricos, que trabaja mediante un sistema de riego localizado y se encuentra en Cova Santa, término municipal de Picassent (Valencia).

Mediante este análisis y estudio, se pretende optimizar los recursos energéticos e hidráulicos de la red ya instalada y funcionando bajo demanda, además de mejorar el sistema de distribución y transporte del fertilizante.

Para ello, se estudiarán una serie de casos a partir de mediciones de ciertos parámetros realizadas en campo, y se propondrán según los resultados obtenidos, ciertas mejoras posibles que se valorarán económicamente.

Palabras clave: sistema de riego, distribución fertilizante, análisis hidráulico, eficiencia energética.

RESUM

L'eficiència dels sistemes de reg és un problema que afecta a l'actualitat, degut principalment al gran problema d'escassetat de l'aigua que patix la població a nivell mundial.

Per tant, és de vital importància administrar de forma eficient l'ús de l'aigua en l'àmbit agronòmic, sense perdre al mateix temps l'atenció a la cura dels cultius i al manteniment de la seua qualitat i quantitat de producció.

En aquest projecte es va a analitzar una xarxa concreta de reg col·lectiu a cítrics, que treballa per mitjà d'un sistema de reg localitzat i es troba en Cova Santa, terme municipal de Picassent (València).

Per mitjà d'aquest anàlisi i estudi, es pretén optimitzar els recursos energètics i hidràulics de la xarxa ja instal·lada i funcionant baix demanda, a més de millorar el sistema de distribució i transport del fertilitzant.

Per a això, s'estudiaran una sèrie de casos a partir de mesuraments de certs paràmetres realitzats en camp, i es proposaran segons els resultats obtinguts, certes millores possibles que es valoraran econòmicament.

Paraules clau: sistema de reg, distribució fertilitzant, anàlisi hidràulic, eficiència energètica.

ABSTRACT

Efficiency of irrigation systems is a problem that currently affects population, mainly due to the great water scarcity problem suffered worldwide.

Therefore, it is essential to manage efficiently the use of water in the agronomic field, without losing attention to the care of crops and maintaining their quality and production quantity.

This project will analyze a concrete network of collective citrus irrigation, which is based in a localized irrigation system. It is located in Cova Santa, municipal district of Picassent (Valencia).

This analysis and study will try to optimize the energy and hydraulic resources of the network already installed, operating on demand. In addition, this project will get to improve the distribution and transport system of the fertilizer.

A series of cases will be studied from measurements of certain parameters made in the installation and some possible improvements will be proposed according to the results obtained, that will be evaluated economically too.

Key words: irrigation system, fertilizer distribution, hydraulic analysis, energy efficiency.

ÍNDICE DE DOCUMENTOS

- Documento 1. Memoria Descriptiva
- Documento 2. Presupuesto

DOCUMENTO 1.

MEMORIA DESCRIPTIVA

ÍNDICE DE LA MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Características de la zona regable.....	3
2.2. Características del sistema de inyección.....	7
3. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL TRABAJO.....	9
4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN.....	11
4.1. Descripción de las instalaciones.....	11
4.1.1. Cabezal de riego localizado.....	11
4.1.2. Instalaciones de presurización.....	12
4.1.3. Instalaciones de filtrado.....	13
4.1.4. Instalaciones suministro de energía.....	14
4.1.5. Red de distribución.....	14
4.1.6. Sistema de inyección: bomba dosificadora.....	15
4.2. Instrumentos de medición y metodología experimental.....	19
4.2.1 Medición y metodología para el análisis energético.....	19
4.2.2. Curvas características de las bombas y ajuste de la velocidad de giro.....	21
4.2.3. Metodología de simulación hidráulica y de fertirrigación.....	24
4.3. Realización del modelo hidráulico en EPANET.....	24
4.4. Estudio del modelo en función del tipo de riego.....	29
4.4.1. Riego bajo demanda.....	29
4.4.2. Riego por turnos o sectores.....	30

4.5. Realización del modelo de calidad.....	31
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	37
5.1. Resultados de la evaluación energética.....	37
5.2. Resultados del modelo hidráulico.....	43
5.2.1. Análisis de variables hidráulicas por sectorización.....	43
5.2.2. Análisis de variables hidráulicas bajo demanda.....	46
5.3. Resultados del modelo de calidad.....	49
5.3.1. Fertirrigación por sectores.....	49
5.3.2. Fertirrigación con reparto aleatorio.....	52
6. PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED.....	59
6.1. Funcionamiento energético.....	59
6.2. Funcionamiento hidráulico.....	59
6.2.1. Mejoras para funcionamiento por sectorización.....	59
6.2.2. Mejoras para funcionamiento bajo demanda.....	60
6.3. Funcionamiento del modelo de calidad.....	60
6.4. Valoración económica de las mejoras propuestas.....	61
7. CONCLUSIONES.....	63
8. BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEJOS.....	67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de superficies por sector.....	15
Tabla 2. Plan de abonado año 2017.....	32
Tabla 3. Necesidades máximas de riego según edad de las plantaciones.....	32
Tabla 4. Masa y volumen de fertilizante para cada sector.....	33
Tabla 5. Tiempo de inyección para cada sector.....	34
Tabla 6. Tiempos de inyección real y distribución de la inyección para cada sector.....	34
Tabla 7. Caudales medios en horas valle.....	40
Tabla 8. Cantidad de fertilizante (kg) utilizada por m ³ en cada nudo	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de riego por porcentajes en España.....	3
Figura 2. Plano General de la Zona Regable (Sector X).....	5
Figura 3. Infraestructura del Canal Júcar-Turia.....	6
Figura 4. Situación de la zona Virgen de la Cova Santa (Picassent).....	7
Figura 6. Sistema de bombeo.....	13
Figura 7. Sistema de filtrado.....	14
Figura 8. Elementos que componen la bomba dosificadora.....	15
Figura 9. Formulación de los códigos de la bomba dosificadora.....	16
Figura 10. Características técnicas de la bomba dosificadora.....	17
Figura 11. Dimensiones de la bomba dosificadora.....	17
Figura 12. Esquema de la instalación general de la bomba inyectora.....	18
Figura 13. Transductor de presión.....	19
Figura 14. Analizador de energía y potencia.....	20
Figura 15. Caudalímetro electromagnético.....	21
Figura 16. Representación del sector 1 en EPANET.....	25
Figura 17. Representación del sector 2 en EPANET.....	26
Figura 18. Representación del sector 3 en EPANET.....	26
Figura 19. Representación del sector 4 en EPANET.....	27
Figura 20. Representación del sector 5 en EPANET.....	27
Figura 21. Modelo de la red hidráulica con todos los sectores y cabezal.....	28
Figura 22. Distribución del tiempo de inyección en EPANET.....	35
Figura 23. Patrón de tiempo de funcionamiento de la bomba de inyección.....	36
Figura 24. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 1.....	44
Figura 25. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 2.....	44
Figura 26. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 3.....	45
Figura 27. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 4.....	45

Figura 28. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 5.....	46
Figura 29. Presión y velocidad trabajando a demanda con $Q_{\text{máx}}$	47
Figura 30. Presión y velocidad trabajando a demanda con Q_{medio}	48
Figura 31. Presión y velocidad trabajando a demanda con $Q_{\text{económico}}$	49
Figura 32. Distribución de fertilizante en nudo 32 del sector 1.....	50
Figura 33. Distribución de fertilizante en nudo 32 del sector 2.....	50
Figura 34. Distribución de fertilizante en nudo 11 del sector 3.....	50
Figura 35. Distribución de fertilizante en nudo 10 del sector 4.....	51
Figura 36. Distribución de fertilizante en nudo 8 del sector 5.....	51
Figura 37. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 1.....	52
Figura 38. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 2.....	52
Figura 39. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 3.....	53
Figura 40. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 1.....	53
Figura 41. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 2.....	53
Figura 42. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 3.....	54
Figura 43. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 1.....	54
Figura 44. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 2.....	54
Figura 45. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 3.....	55
Figura 46. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 1.....	55
Figura 47. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 2.....	55
Figura 48. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 3.....	56
Figura 49. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 1.....	56
Figura 50. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 2.....	56
Figura 51. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 3.....	57
Figura 52. Cambio de presión y velocidad cuando trabaja sector 4.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Curvas características de H-Q, rendimiento y potencia de las bombas.....	22
Gráfica 2. Evolución de presión y caudal en el cabezal.....	37
Gráfica 3. Evolución de potencias consumidas por cada bomba.....	38
Gráfica 4. Evolución de la potencia total consumida y potencia útil en el cabezal.....	39
Gráfica 5. Evolución del rendimiento de potencias.....	40
Gráfica 6. Puntos medios de funcionamiento en periodos valle seleccionados.....	41
Gráfica 7. Rendimiento de las dos bombas funcionando en paralelo.....	42

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente proyecto trata del **estudio y análisis** de una instalación de bombeo de una red colectiva de riego.

La instalación consta de un sistema de bombeo compuesto por **cuatro bombas funcionando en paralelo**, que captan agua de una balsa y dan servicio a la Comunidad de Regantes de Cova Santa, situada en el municipio de Picassent.

Además del agua de riego, en esta instalación se realiza adicionalmente un abonado, a través de la **inyección de fertilizante** (fertirrigación).

Para realizar el análisis de la instalación, será necesario realizar una evaluación del sistema de bombeo y diseñar si es necesario un nuevo sistema adaptado a las demandas de la red y optimizando los recursos energéticos.

Por otra parte, será necesaria la obtención del modelo hidráulico de la red con un software específico que se describirá posteriormente. De esta manera, se podrá analizar el comportamiento de la red en función de las presiones y otros parámetros hidráulicos a tener en cuenta.

Por último, se deberá caracterizar el sistema de inyección de fertilizante a través del modelo hidráulico, de manera que se consiga aportar la concentración necesaria a cada toma de la red. En caso necesario, se diseñará un sistema de inyección alternativo con el objeto de mejorar la distribución y transporte del fertilizante.

2. ANTECEDENTES

La zona regable que se está estudiando se dedica a cultivar cítricos, por lo que para realizar un correcto riego es importante disponer de un amplio conocimiento sobre el cuidado de esta clase de plantas.

Los cítricos son plantas perennes que requieren cantidades considerables de agua que le permitan llevar a cabo sus funciones fisiológicas adecuadamente. El requerimiento de agua de los cítricos está influenciado por las condiciones climáticas (temperatura, humedad, radiación y velocidad del viento) y características de la planta (Ferreyra, E. R.; Sellés, V. G. 2011).

Por tanto, mantener una humedad adecuada y constante en el suelo durante el ciclo del cultivo, acompañado de un buen programa de nutrición, garantiza una producción alta y de calidad.

Así pues, el agua es el factor más importante a tener en cuenta, ya que además es el más limitante en los agrosistemas. El riego de los cultivos es el **principal sector consumidor de agua**. Por tanto, y ante la acusada escasez de este recurso natural, resulta imperiosamente necesario utilizar el agua de riego de la forma más eficiente posible (Baixauli et al., 2015).

La importancia de la **fertirrigación** en España parte de que los sistemas que suelen utilizar la fertirrigación (riego por goteo o localizado, aspersión y automotriz) son el 71,6% de la superficie regada. La superficie regada en España asciende a 3.540.560 hectáreas en 2013 (Oltra, 2014). Del total de la superficie regada existen diversos sistemas de riego, siendo el más común el riego localizado (1.707.576 ha), seguido del riego por superficie o gravedad (1.004.782ha), riego por aspersión (529.215 ha) y por último el tipo automotriz (298.169 ha) (Oltra, 2014).

Tipos de riego y porcentajes en España

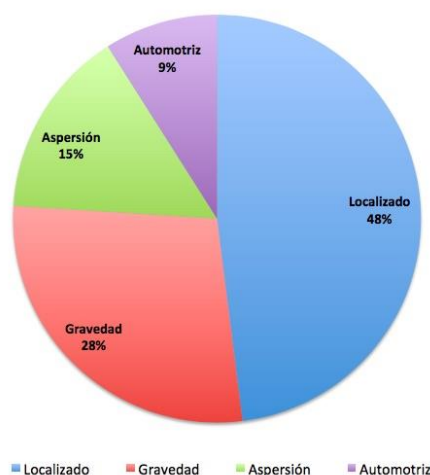


Figura 1. Tipos de riego por porcentajes en España

Cabe destacar que las comunidades y provincias con mayor escasez de agua son efectivamente las que más suelen utilizar un sistema de riego localizado, ya que aprovechan este mismo sistema para realizar a su vez la fertilización de los cultivos o fertirrigación.

Según la fuente de “Riego por goteo para el cultivo de cítricos” (n.d, párrafos 7 y 8, obtenido de: <https://www.intagri.com/index.php/articulos/frutales/riego-por-goteo-para-el-cultivo-de-citricos>), el **riego localizado** o por goteo es el más utilizado por ser el sistema más eficiente, ya que el ahorro de agua es significativo; solo se humedece alrededor de 33 a 50 % de la superficie de la parcela, es decir, solo en hileras donde se encuentran establecidas las plantas. Debido a ello, su uso se ha extendido ampliamente a diferentes cultivos, incluyendo los frutales.

Hoy en día el uso de esta técnica de riego en los cítricos ha comenzado a tomar gran impulso por su alta eficiencia, además de que permite una inyección rápida, eficiente y uniforme de fertilizantes y agroquímicos mediante la técnica de la fertirrigación y quimigación, respectivamente.

2.1. Características de la zona regable

Tal y como informa el Canal Júcar Turia en su página oficial, “El **Sector X** donde se encuentra el caso a estudiar, tiene una superficie total de 1.958,46 hectáreas, dentro de la Subzona Margen Derecha del Canal Júcar-Turia”

“La Subzona está formada por un total de 14 sectores de riego independientes, con una superficie total de 14.731,77 hectáreas y en plena reconversión de riego tradicional mediante inundación, a un moderno sistema de riego localizado de alta frecuencia.”

En la figura 2 puede observarse la situación de la zona regable, concretamente del sector X, con respecto a Valencia:

importantes restricciones en el suministro de agua superficial, con una reducción planteada sobre el consumo medio anual de cerca del 65%, debiendo de incrementar las extracciones de aguas subterráneas para paliar el déficit con el importante aumento de costes que esto supone.

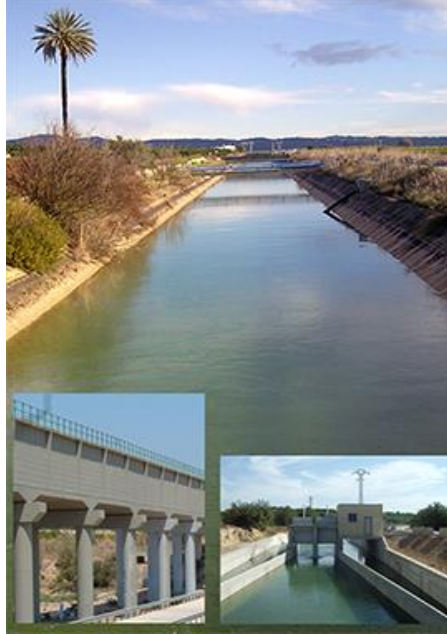


Figura 3. Infraestructura del Canal Júcar-Turia

Según la fuente mencionada anteriormente, “La zona regable del Canal Júcar-Turia, dentro de la cual se encuentra la red que se va a estudiar en este trabajo, fue puesta en servicio en el año 1979 y tiene una longitud de 60 kilómetros y atraviesa un total de 14 términos municipales. Puede transportar desde 30 m³/s hasta 16 m³/s en el final semicircular. Consta de tramos en túnel, en sifón y a cielo abierto con distintas secciones (trapezoidal, rectangular, circular).”

En la imagen siguiente (Figura 4) se puede observar la localización exacta del cabezal de riego, que se encuentra en el término de Picassent, como se ha comentado anteriormente.

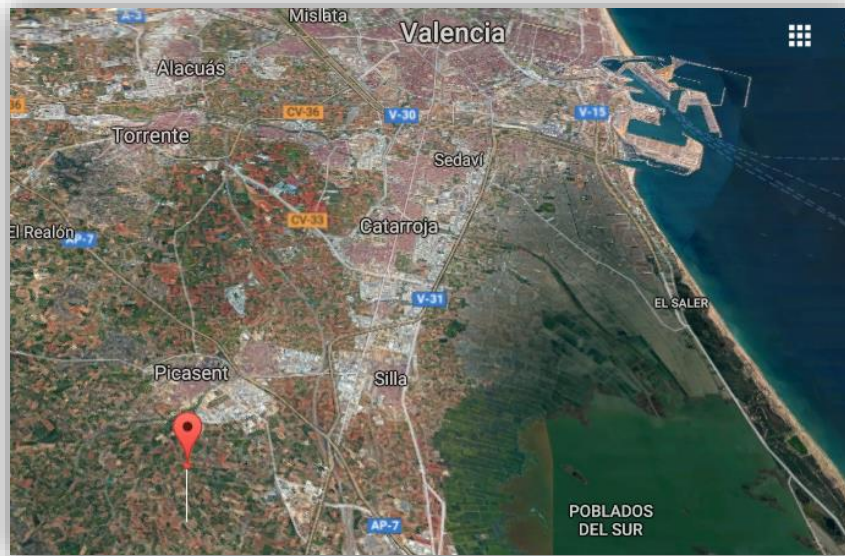


Figura 4. Situación de la zona Virgen de la Cova Santa (Picassent)

La zona de riego a estudiar va dirigida particularmente al cultivo de cítricos, y está dividida en **cinco sectores de riego** independientes entre sí y presurizados desde el cabezal, comandados desde válvulas hidráulicas, situadas en el mismo cabezal y con una jornada efectiva de riego (JER) de 16 horas/día.

Actualmente su **forma de trabajar es a demanda**, es decir, toda toma de riego estará disponible en cualquier momento y durante el tiempo que se necesite, pero siempre con una serie de limitaciones. La principal diferencia de trabajar por turnos, es que se determina el funcionamiento de cada toma para un específico intervalo de tiempo. Por lo que de esta manera, siempre se conocerá qué parte de la red se encuentra trabajando.

Por esta razón, se habrá de estudiar detenidamente el funcionamiento de la red a partir de estas diferentes metodologías, y de esta forma poder mejorar notablemente el rendimiento y eficiencia del riego en todas las tomas de la red a partir de sus características y limitaciones.

2.2. Características del sistema de inyección

La implantación de sistemas de distribución del agua a presión, como técnica habitual en la modernización de regadíos, permite un uso más eficiente de los recursos disponibles, en tanto en cuanto que se puede tener un control exhaustivo sobre las dotaciones aplicadas, adecuándolas a las demandas reales (Miguel Ángel Jiménez Bello, 2008).

Concretamente, el riego localizado aporte una serie de nutrientes en el agua de riego (fertirrigación), con lo que se consigue obtener los requerimientos hídricos y nutritivos utilizando un mismo sistema de distribución, además de alcanzar una alta eficiencia global al ser aplicado.

El objetivo del abonado es incrementar la fertilidad natural del suelo para **aumentar el rendimiento y calidad de la producción**. La productividad es el resultado de la interacción de una serie de factores, tanto inherentes a la planta como ambientales de cultivo (Legaz y Primo-Millo 2000).

Por tanto, es importante utilizar un adecuado método de inyección, pues esto influirá directamente en la eficiencia del riego.

Según C.Burt, K.O'Connor, T.Ruehr (1998) "hay varias maneras de inyectar sustancias químicas en los sistemas de riego. La elección del método y el equipo utilizado depende de lo siguiente:

- **Inyección de líquido o material sólido.** Los fertilizantes líquidos pueden no necesitar agitación o ser mezclados, mientras que los sólidos sí lo necesitan.
- **El peligro potencial del químico.** La inyección de la mayoría de los fertilizantes de nitrógeno puede ser realizada sin conllevar serios riesgos para la seguridad laboral del trabajador, mientras que la inyección de ácidos o pesticidas requiere tomar precauciones especiales.
- **Disponibilidad de energía.** En algunos lugares, la electricidad no está disponible. Un inyector debe estar alimentado por agua, una máquina interna de combustión, u otros medios.
- **Instalación portable o permanente.** Algunos equipos de inyección son demasiado incómodos o pesados para transportarlos.

En algunos sistemas, es necesario disponer de más de un inyector debido a las diferentes necesidades de caudal dependiendo de la sustancia química que se utilice. Los herbicidas, insecticidas y nematicidas son generalmente inyectados a través de caudales bajos, generalmente un 10% menos de caudal que necesitan los fertilizantes.

Por otra parte, limitar la cantidad máxima de la sustancia química que se va a aplicar en el proceso de riego es muy importante debido a errores en los equipos o en el operador, ya que podrían provocar una sobre aplicación que podría matar el cultivo. Por otra parte, el cultivador puede querer inyectar un volumen específico de fertilizante en cada serie, aunque las presiones y caudales vayan cambiando en cada momento."

Las principales **técnicas de inyección** empleadas en el riego de cultivos son los Venturi, los tanques de presión diferencial y las bombas (de agua, de diafragma, de pistón, etc.). Estos diferentes métodos quedan explicados detalladamente en el ANEJO (apartado 4).

3. INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA Y OBJETIVOS DEL TRABAJO

El problema principal que se quiere tratar en el trabajo es el correcto abastecimiento de todos los puntos de la red, independientemente de la manera en la que se trabaje, ya sea bajo demanda o a través de la sectorización de ésta. Se enfocará analizando **tres aspectos críticos** el consumo energético, el comportamiento hidráulico y la distribución de fertilizantes.

Por tanto, el objetivo principal de este estudio es **mejorar las condiciones del riego**, por lo que se deberán tener en cuenta principalmente los aspectos económicos y tecnológicos que influyan en dicho sistema de riego. De esta manera, se pretende conseguir un sistema de riego que funcione de manera **eficiente** y que cumpla con los requisitos necesarios que satisfagan cada punto de demanda de la red que se va a estudiar.

Para ello se deberán realizar los siguientes análisis:

- Energía suministrada por las bombas y potencia eléctrica consumida.
- Parámetros hidráulicos de la red (caudal demandado, presión en los nudos, velocidad, etc.)
- Comportamiento y distribución del fertilizante, caracterizando el sistema de inyección de manera que se consiga una adecuada concentración en cada uno de los puntos de la red.

El primer análisis se ejecutará a partir de **medición de parámetros hidráulicos y energéticos** en el cabezal, sobre los que determinar la eficiencia del bombeo.

Para los siguientes análisis el trabajo se basará en un **modelo hidráulico** realizado en EPANET que servirá como referencia para poder comparar los resultados obtenidos y trasladarlos a la red real instalada.

Una vez elaborado el modelo hidráulico, se debe comprobar **la calidad** del mismo y su correspondencia con la realidad. Para poder hacer uso del modelo como herramienta de análisis del funcionamiento de la red ante diferentes situaciones, se debe asegurar que sus respuestas sean lo más parecidas posible respecto a las que tendría la red real.

Una vez se tenga construido el modelo, se podrán plantear diferentes escenarios en función de cómo se quiera trabajar (por sectores o bajo demanda) y se pondrán en marcha las simulaciones.

En función de los resultados que se vayan obteniendo, se decidirán las correspondientes mejoras a implementar para que el objetivo del presente proyecto quede cumplido.

Por tanto y en definitiva, se trata de conseguir un funcionamiento de la red donde el sistema de bombeo trabaje con su **mayor rendimiento**, se cumplan las **exigencias hidráulicas** en cada punto de consumo y se asegure una **adecuada fertirrigación** que permita el correcto estado y crecimiento del cultivo, teniendo en cuenta factores físico-químicos del fertilizante, como la conductividad y el pH.

4. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

4.1. Descripción de las instalaciones.

Las obras realizadas en su día en cada zona regable del Sector X fueron las siguientes:

- Cabezal comunitario para el Riego Localizado.
- Redes de distribución hasta parcela.
- Acometidas a parcela para el riego localizado.

Para la confección del proyecto se estudió en detalle la zona y en particular la distribución de las propiedades a servir, haciendo hincapié en los accesos a cada una de ellas, de tal manera que la red pudiera suministrar el agua de riego por el citado acceso.

Esto se realizó por dos motivos:

- Adaptar el trazado de la red, en la medida de lo posible, a la red de caminos existentes en la zona con el fin de afectar al mínimo los campos.
- Tener un fácil acceso a los contadores a instalar en cada parcela.

Por otra parte, se adecuó al emplazamiento para el cabezal de riego, la zona regable a servir. Esto se realizó teniendo en cuenta la situación del cabezal, la distribución de las propiedades a servir, la topografía de la zona y el posible trazado de las conducciones, de forma que se llegó a la división de la zona en un total de cinco sectores de riego independientes, siendo necesario para la totalidad de ellos el aporte de presión adicional para el suministro en condiciones óptimas para el riego.

4.1.1. Cabezal de riego localizado

Para la instalación del sistema de riego localizado fue necesaria la ejecución de un cabezal de riego localizado consistente en un edificio rectangular con una superficie de 98 m² en el que se ubicaron las instalaciones comunitarias de:

- Presurización de la red.
- Filtrado comunitario.
- Fertirrigación comunitaria.

Para el funcionamiento de dichas instalaciones fue necesario el suministro de energía al cabezal mediante una línea aérea de media tensión y un centro de transformación.

El cabezal de riego sigue este esquema aproximado, como se puede ver en la figura 5, formado por un depósito del cual es extraída el agua y pasando a través del colector de aspiración, es regulada por una serie de válvulas de propósito general (1) y (3). El sistema de bombeo está formado por 4 bombas trabajando en paralelo (2), de donde el agua es llevada por el colector de impulsión a dos sistemas del filtrado (4), antes de pasar al colector, donde se encuentran las

electroválvulas (5), que distribuye el agua a todos los puntos de cada uno de los sectores de la red.

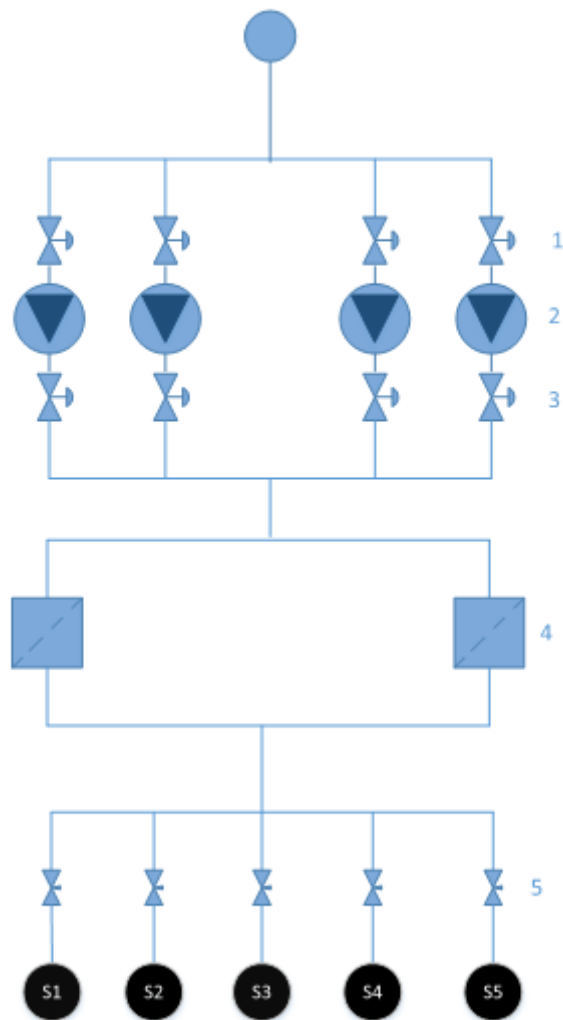


Figura 5. Esquema del cabezal de riego

4.1.2. Instalaciones de bombeo

Dadas las características topográficas de la zona y de la presión necesaria de suministrar en hidrante, es necesario la presurización de la red.

Según los cálculos iniciales que se llevaron a cabo, es necesario un caudal de origen de 92,81 L/s y una altura manométrica en cabecera de 55 mca. De acuerdo con ello y estableciendo cuatro escalones de bombeo capaces, cada uno de ellos, de elevar un caudal de 111,37 m³/hora a una altura manométrica de 55 m y automatizado mediante la instalación de un variador de velocidad en una de las bombas y arrancadores estáticos en las dos restantes.



Figura 6. Sistema de bombeo

4.1.3. Instalaciones de filtrado

Dadas las características del agua a tratar, se instaló un filtro de mallas de limpieza automática por succión con un diámetro de 10" y 120 mesh con una capacidad de filtración de 360 m³/hora y con las siguientes características:

- Presión mínima de trabajo de 2 bares.
- Presión máxima de trabajo de 10 bares.
- Superficie de filtración de 10.000 cm².
- Duración del ciclo de lavado de 40 segundos.



Figura 7. Sistema de filtrado

4.1.4. Instalaciones suministro de energía

Para el suministro de la energía necesaria para el funcionamiento de las instalaciones proyectadas fue necesario ejecutar una línea aérea de media tensión, de acuerdo con el informe emitido por la compañía suministradora y cumpliendo toda la reglamentación vigente y un centro de transformación de energía con una potencia de 160 KVA.

4.1.5. Red de distribución

La red de distribución de agua para el riego, formada por tuberías primarias y secundarias parte desde el cabezal de riego y es ramificada de acuerdo con lo indicado en los planos correspondientes y cuyos ramales dan servicio a la totalidad de la zona regable asignada a través de los hidrantes previstos con sus tomas a parcela.

Se diseñó una red de distribución por turnos de funcionamiento secuencial e independiente de acuerdo con las características de la zona a servir acorde a lo descrito anteriormente y que se resume en el siguiente cuadro.

En la tabla 1 se tienen las diferentes superficies para cada uno de los sectores de los que se forma la red:

Sector	Superficie
1	31,36 has
2	25,96 has
3	18,52 has
4	14,40 has
5	29,45 has
	119,69 has

Tabla 1. Distribución de superficies por sector

Todas las tuberías son de PVC con junta elástica y una presión de trabajo de 6 atm, las cuales se instalaron en zanja y se rellenaron con el material de excavación seleccionado hasta cubrir las conducciones y el resto de material de excavación debidamente compactado.

Por último y en cuanto al sistema de distribución de la red, es importante destacar que el tipo de funcionamiento para el que se construyó la red es para trabajar con sectorización, por lo que esto determinará la manera de realizar la simulación posterior de la red.

4.1.6. Sistema de inyección: bomba dosificadora

Desde las primeras obras realizadas se ha estado utilizando este tipo de sistema de inyección de fertilizante, el cual consiste en una bomba dosificadora DOSTEC-40.

Son bombas de pistón o membrana, fabricadas para la dosificación de líquidos. El material del que están formadas suele ser resistente a la mayoría de productos líquidos empleados en procesos donde se tiene que dosificar un producto a una red hidráulica, tales como: industria alimentaria, textil, química, tratamiento de aguas, agricultura, etc.

Este tipo de bomba además permite múltiples posibilidades de inyección según el cabezal elegido. Para la serie pistón, que es la que interesa para este caso, los caudales disponibles son de 2,5 a 600 L/h. Por otra parte, el caudal de dosificación es regulable sin necesidad de parar la bomba, desde el 0% al 100% de su capacidad.

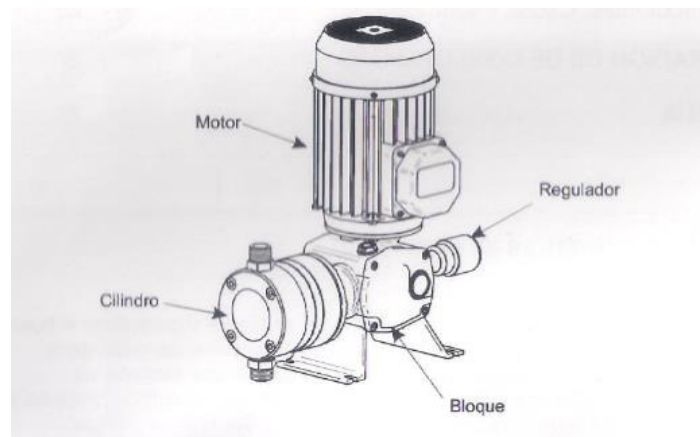


Figura 8. Elementos que componen la bomba dosificadora

Como se ha comentado anteriormente, la bomba tiene múltiples estados de funcionamiento. Por tanto, se puede regular conforme a los requisitos del sistema a tratar. Para ello, se puede predeterminar el tipo de motor, el tipo de cabezal, la frecuencia de trabajo, la carrera, el diámetro de inyección, etc.

Todas las combinaciones vienen resumidas en el siguiente cuadro de la figura 9, que representa la formulación de los códigos de cada elemento:

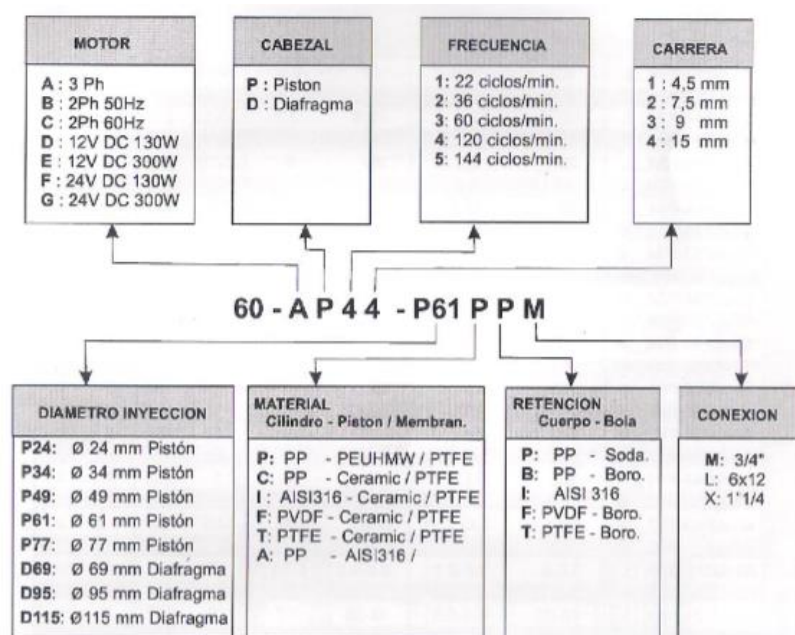


Figura 9. Formulación de los códigos de la bomba dosificadora

Por otra parte, la figura 10 muestra las principales características técnicas de la bomba dosificadora, en función del caudal, presión y altura de aspiración. Como se puede observar, el rango de caudal máximo con el que trabajaría la bomba de pistón sería de 600 L/h.

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

CODIGO	CAUDAL				PRESIÓN		**Altura aspiración	
	50Hz		60Hz		bar	PSI	m	ft.
	l/h	GPH	l/h	GPH				
Piston	60-AP11-P24_L	2,5	0,6	3	0,8	20/15	217	9 30
	60-AP13-P24_L	5	1,3	6	1,6	20/15	217	9 30
	60-AP14-P24_L	9	2,4	10,5	2,7	20/15	217	9 30
	60-AP33-P24_L	15	4	18	4,7	20/15	217	7 23
	60-AP34-P24_L	25	6,6	30	8	20/15	217	4 13
	*60-AP53-P24_L	36	9,5	-	-	15	217	3 10
	60-AP44-P24_L	50	13,2	60	16	15	217	3 10
	60-AP34-P34_M	50	13,2	60	16	15	217	8 26
	*60-AP53-P34_M	72	19	-	-	15	217	7 23
	60-AP32-P61_M	75	20	90	24	7	100	3 10
	60-AP44-P34_M	100	26,4	120	31,7	15	120	7 23
	60-AP34-P49_M	100	26,4	120	31,7	11	160	5 20
	*60-AP54-P34_M	120	31,7	-	-	15	217	6 20
	*60-AP53-P49_M	144	38,7	-	-	11	160	5 16
	60-AP34-P61_M	150	40	180	48	7	100	2 6
	60-AP44-P49_M	200	52,8	240	63,4	11	160	5 16
	60-AP54-P49_M	240	63,4	288	76	11	160	4 13
	60-AP34-P77_M	250	66	300	79	4,5	65	0,5 2
	60-AP44-P61_M	300	79	360	95	7	100	2 6
	*60-AP54-P61_M	360	95	-	-	7	100	2 6
60-AP44-P77_M	500	132	600	158	4,5	65	0,5 2	
*60-AP54-P77_M	600	158	-	-	4	59	0,5 2	
Diafragma	60-AD11-D69_L	5,5-8	1,4-2,1	6,5-9,5	1,7-2,5	15	217	9 30
	60-AD21-D69_L	9,5-13	2,5-3,4	11,5-15,5	3-4	15	217	8 26
	60-AD31-D69_L	16-22	4,2-5,8	18-26	5-7	15	217	6 20
	60-AD41-D69_L	32-44	8,4-11,6	38-53	9,6-14	15	217	3 10
	60-AD33-D69_M	35-47	9,2-12,4	42-56	11-15	10	145	8 26
	*60-AD51-D69_L	38-53	10-14	-	-	15	217	3 10
	60-AD42-D69_M	57-77	15-20,3	66-92	16-24,6	10	145	6 20
	60-AD32-D95_M	60-73	15,9-19,3	72-98	19-23,1	8	116	5 16
	60-AD43-D69_M	69-93	18,2-24,5	83-111	22-29,4	10	145	2 6
	60-AD33-D95_M	72-87	19-23	86-104	22,8-27,8	8	116	5 16
	*60-AD51-D95_M	86-104	22,7-27,5	-	-	8	116	5 16
	60-AD32-D115_M	105-119	27,7-31,4	126-143	33-38	5	72	4 13
	60-AD42-D95_M	120-144	31,7-38	144-173	38-45,6	8	116	5 16
	60-AD33-D115_M	126-143	33,3-37,8	151-172	40-45	5	72	4 13
	60-AD43-D95_M	144-174	38-46	173-209	45,6-55	8	116	4 13
	*60-AD53-D95_M	173-209	45,7-55,2	-	-	8	116	4 13
	60-AD42-D115_M	209-237	55,2-62,6	251-284	66-75	5	72	3 10
	60-AD43-D115_M	251-285	66,3-75,3	301-342	79-90	5	72	3 10
	*60-AD53-D115_M	301-342	79,5-90,3	-	-	5	72	2 6

Figura 10. Características técnicas de la bomba dosificadora

Por otra parte, es importante conocer las dimensiones exactas de la bomba inyectora. En la siguiente ilustración (figura 11) se pueden ver claramente de manera acotada.

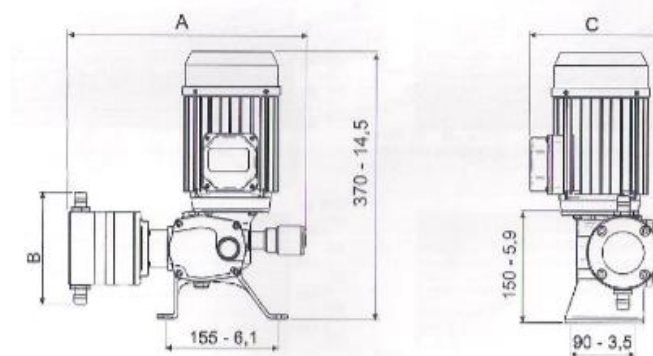


Figura 11. Dimensiones de la bomba dosificadora

Por último, cabe destacar cómo sería la adecuada instalación de la bomba en el sistema a tratar. Para ello, se tiene un esquema sencillo reflejado en la siguiente imagen (figura 12):

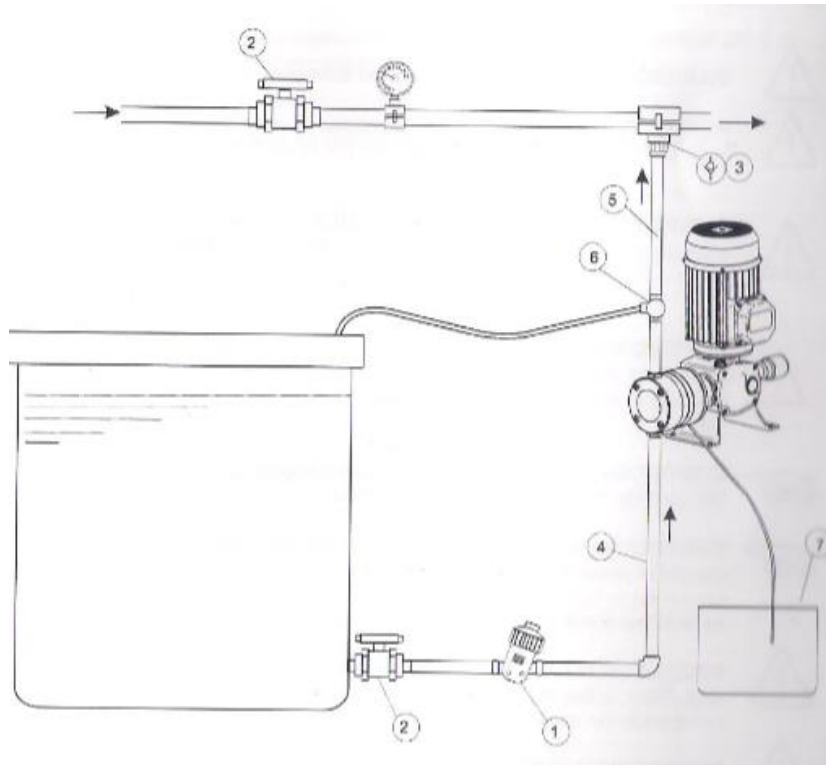


Figura 12. Esquema de la instalación general de la bomba inyectora

Donde los elementos numerados se refieren a:

1. Filtro
2. Válvulas
3. Válvula antiretorno
4. Aspiración
5. Impulsión
6. Válvula de seguridad
7. Cubeta de evacuación en caso de fuga

Es importante la instalación de una válvula de seguridad en una derivación cerca de la bomba para proteger tanto la instalación como la bomba de posibles sobrepresiones. Esta derivación debe conducir el líquido hacia un lugar seguro.

Así mismo y para el correcto funcionamiento de la inyección, se han de proteger las tuberías de las variaciones de presión instalando un amortiguador de pulsaciones lo más cerca posible a la bomba. De esta manera, también se consigue un flujo más continuo.

Para ello, se está teniendo en cuenta que se dispone de 3 tanques de fertilizante (2 de 10m³ y uno de 5m³), con lo que se obtiene un volumen total de 25m³ y que es considerado suficiente para una autonomía de 7 días.

Nota: En el anejo se puede observar una gran variedad de sistemas de inyección que podrían utilizarse como alternativa.

4.2. Instrumentos de medición y metodología experimental

4.2.1 Medición y metodología para el análisis energético

Para el análisis energético se midieron una serie de datos: la presión a la entrada y salida de las bombas, además del caudal bombeado, durante un determinado tiempo. De esta manera, podrá calcular la **potencia útil suministrada por las bombas**, es decir, la potencia aprovechada totalmente en trabajo útil. Puede expresarse como la siguiente fórmula (1):

$$P_{\text{útil}} = \gamma \cdot H_b \cdot Q \quad (1)$$

Donde H_b viene dada por la diferencia de presión de las bombas a la entrada y salida.

Por otra parte, se han realizado también una serie de mediciones en los motores, con lo que se obtendrá la **potencia eléctrica** que absorbe la instalación.

Finalmente se podrá realizar la comparación de ambas potencias y se obtendrá el **rendimiento real** de la instalación. Además, esto servirá para recabar información sobre cómo se distribuye la demanda y en qué periodos se generan los consumos que se pueden redistribuir.

Se realizaron por tanto serie de mediciones entre el 12 y el 18 de abril en intervalos de tres horas, registrándose presiones en la aspiración e impulsión de las bombas, caudal en la tubería principal del cabezal así como todos los parámetros eléctricos en los motores de las bombas.

Las medidas de presión se realizaron a intervalos de 1 minuto mediante **transductores de presión**. La principal funcionalidad de un transductor de presión es convertir la presión en una señal eléctrica analógica, que será la que desee emplear en los equipos de automatización o adquisición estándar. Es importante tener en cuenta que se encuentran en el colector de entrada de las bombas y en el colector de salida, antes de los filtros.



Figura 13. Transductor de presión

Para realizar una correcta medida, es importante que los transductores tengan unas buenas prestaciones en términos de precisión, tolerancia a la sobrepresión, alto rango de temperatura de trabajo y resistencia a las vibraciones.

Por otra parte se han medido una serie de parámetros eléctricos. Dichos parámetros se han obtenido cada 2 minutos mediante sendos **analizadores de redes** en la alimentación de los motores de las bombas. Un analizador de redes es un instrumento capaz de analizar las propiedades de las redes eléctricas, especialmente aquellas asociadas con la reflexión y la transmisión de señales eléctricas.

Concretamente, se ha utilizado un **analizador de energía y potencia**, concretamente el modelo C.A 8334B. Como describe PCE Ibérica, “Este instrumento es válido para el análisis gráfico de la red, permitiendo mediciones de hasta 6500 A. Además de la medición de corriente, tensión y potencia, puede medir frecuencias, energía y armónicos hasta el 50º orden. A través de la indicación gráfica del analizador, es posible un análisis preciso y sencillo de los valores medidos. Los valores de medición se guardan en la memoria del aparato y pueden ser transferidos a través de un interfaz óptico. Además, debido a diferentes convertidores de corriente, el analizador de energía y potencia es apto para las tareas de medición más diversas”.



Figura 14. Analizador de energía y potencia

Por otra parte, el caudal de la red se registró a partir de la lectura cada 5 minutos del **caudalímetro electromagnético** instalado en el cabezal. Los caudalímetros electromagnéticos miden el paso de un líquido, eléctricamente conductivo, a través del tubo de medición donde se induce una tensión eléctrica entre dos electrodos opuestos cuando se le aplica un campo

electromagnético perpendicular al mismo. Esta tensión es proporcional a la velocidad del líquido y, por lo tanto, a su caudal. (Guardarrama-Flow 2017).

Por otra parte, el caudalímetro está instalado en la tubería principal, tras los filtros y antes de las ramificaciones a cada uno de los sectores.



Figura 15. Caudalímetro electromagnético

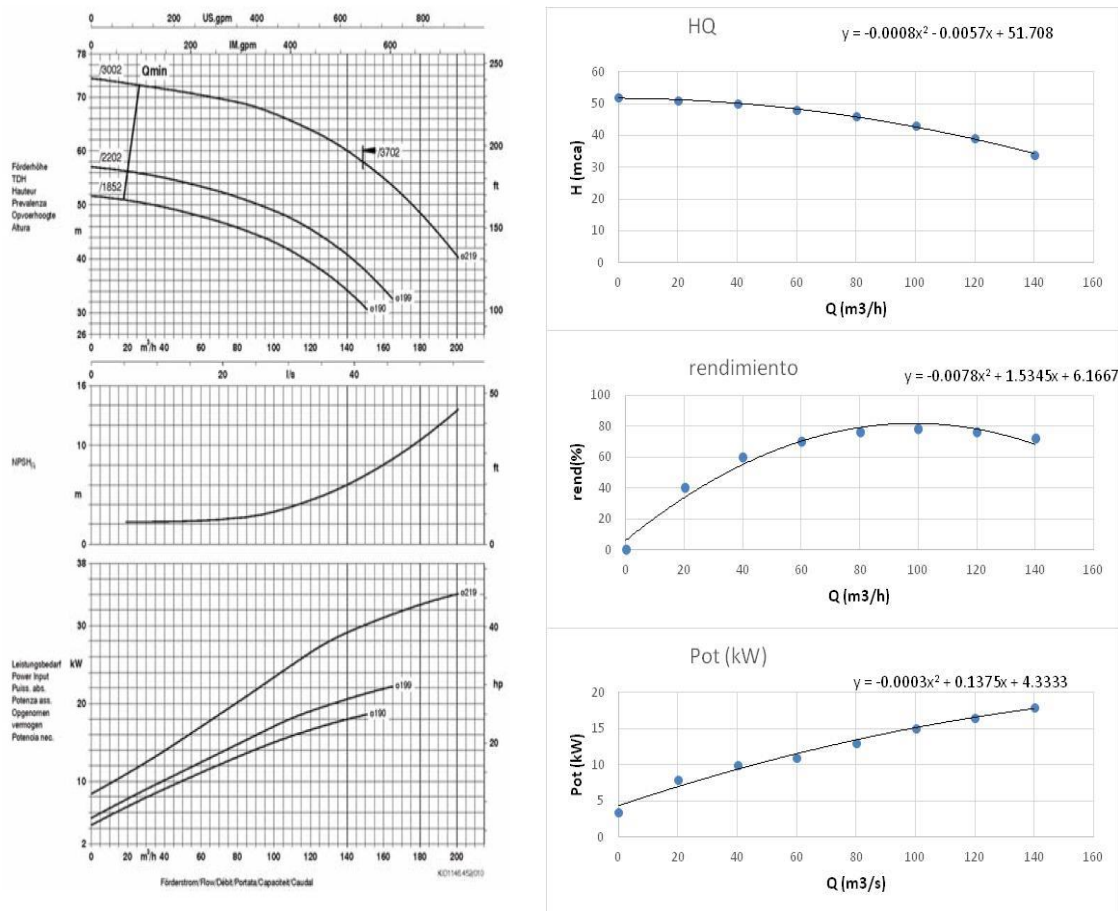
4.2.2 Curvas características de las bombas y ajuste de la velocidad de giro

Las curvas de altura, potencia y rendimiento caudal son conocidas (Grafica 2)(ETALINE 80-210). Se va a utilizar la definición de la **curva característica de una bomba**, lo que permitirá predecir su funcionamiento a un número determinado de revoluciones. También se podrá encontrar el punto óptimo de funcionamiento de la bomba, lo que garantizará buenos resultados dentro de la instalación. Esta curva viene facilitada por el fabricante, a través de su correspondiente catálogo.

La forma de la curva característica de altura-caudal viene dada generalmente por la siguiente ecuación:

$$H_b = A + B \cdot Q + C \cdot Q^2 \quad (1)$$

A partir de una serie de puntos de funcionamiento medidos en el banco de ensayo, se calculan los coeficientes A, B, C por medio de un ajuste por el método de los mínimos cuadrados.



Gráfica 1. Curvas características de H-Q, rendimiento y potencia de las bombas

Con lo que la ecuación teórica de la bomba queda de la siguiente forma:

$$H_b = 51,708 + (-0,0057) \cdot Q + (-0,0008) \cdot Q^2$$

Es importante destacar que las bombas se encuentran equipadas con **variadores de frecuencia** con los que se intenta ajustar el punto de funcionamiento.

Aunque no es el único modo de variación de la velocidad de giro que es utilizado en estaciones de bombeo, la tendencia actual es a utilizar los variadores de la frecuencia de la corriente alterna que se suministra al motor como el elemento que produce la variación de la velocidad.

Los variadores están programados para que se incremente o reduzca la velocidad de giro con el objeto de mantener constante una presión determinada a la salida del cabezal. Si la presión aumenta o se reduce, la instalación responde reduciendo la velocidad de giro o conectando la segunda bomba en paralelo.

De esta manera, partiendo de una situación en la que la bomba está girando a su velocidad nominal, si el número de consumos se reduce, la curva resistente aumenta. Por tanto, la **demanda disminuye** y el punto de funcionamiento de la instalación se desplaza sobre la curva de la bomba para **augmentar la altura de bombeo**.

Por el contrario, si el número de consumo aumenta, la curva resistente se desplaza hacia abajo, **aumentando la demanda y reduciéndose la altura**. Al disminuir la altura por debajo del margen inferior, el sistema de control lo detecta y decide **aumentar la velocidad de giro**.

Por tanto y para obtener el punto de funcionamiento de la bomba cuando gira a una velocidad diferente, será necesario aplicar las leyes de semejanza, las cuales establecen que:

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2 \quad (2)$$

Siendo N_1 y N_2 las diferentes velocidades de giro de la bomba.

$$\frac{H_1}{H_2} = \alpha^2 \quad (3)$$

De esta manera, todos los puntos semejantes a uno dado se encuentran en parábolas que pasan por el origen y el punto de la bomba considerado. En todos esos puntos, en los que la bomba estará girando a velocidades diferentes, el rendimiento será el mismo.

Así pues, conociendo las curvas características de una bomba, puede construirse la **curva semejante a otra velocidad de giro**, en la cual todos los puntos de la misma encuentran su semejante en ésta.

Así pues se obtiene, de (1) y (3):

$$H_1 = \alpha^2 \cdot A + \alpha \cdot B \cdot Q_1 + C \cdot Q_1^2 \quad (4)$$

La utilización de la velocidad de giro, junto con la posibilidad de la asociación de bombas, es una de las herramientas más potentes de las que se dispone para llegar a un punto de funcionamiento determinado, que no pertenece a la curva motriz nominal de la máquina. Otra forma de conseguirlo, al menos de regular el caudal, es la utilización de válvulas. Sin embargo, este último modo de proceder es mucho menos favorable desde el punto de vista energético ya que en la válvula se pierde una altura motriz que no tiene utilidad alguna.

El análisis del punto de funcionamiento de las bombas y su velocidad de giro se detallará más en posteriores apartados, donde se realizarán una serie de pruebas en diferentes horas valle para cada una de las bombas, calculándose de esta manera su rendimiento, según sea su caudal y número de revoluciones.

4.2.3. Metodología de simulación hidráulica y de fertirrigación

Para el correcto análisis de la **presión y el caudal adecuados** de la red, se seguirá una determinada metodología de trabajo.

Primero será necesario construir el **modelo hidráulico** de la red a partir de un programa informático, el cual se explicará con más detalle en el siguiente apartado. De esta manera, se pretenden verificar los datos registrados en la instalación a través de las mediciones realizadas *in situ* para a continuación proponer una serie de casos de estudio, el primero considerando un funcionamiento por **turnos o sectores**, y a continuación en función de la **demanda**.

Para el método de trabajo bajo demanda, se conseguirá obtener un coeficiente de simultaneidad que servirá como guía para analizar los caudales reales que demandará cada punto de la red en un momento concreto y se podrá aplicar a cualquiera de los sectores que la conforman.

A continuación, se analizará detenidamente la **presión y la velocidad** —ésta última a partir del caudal —registradas en cada simulación, partiendo de un mínimo exigido, y se realizarán por último proposiciones de mejora en el caso de que sea necesario.

Para el caso de la **fertirrigación**, se partirá de los datos de concentración requerida proporcionados tanto por los técnicos de la Comunidad de Regantes como por el fabricante del fertilizante. A partir de estos, se determinará si la simulación se realiza por turnos o se establece desde el principio un funcionamiento bajo demanda, que es como realmente trabaja la red actualmente.

Finalmente, se analizarán los resultados obtenidos en cada punto de la red y se decidirá si la fertirrigación es adecuada o no, proponiendo en este último caso una solución que mejore la eficiencia del riego y al mismo tiempo se considere rentable económicamente.

4.3. Realización del modelo hidráulico en EPANET.

El procedimiento que se va a utilizar para optimizar el uso del caudal es calcular el caudal exacto de funcionamiento y comprobar que se mantiene por debajo del caudal máximo. Después, se comparará con los resultados medidos en la instalación de riego y se estudiará en cada caso el número de bombas necesarias en marcha para una correcta distribución de caudal y presión en la red.

Para ello, será necesario obtener en primer lugar el modelo hidráulico de la red, con el que se realizarán las simulaciones que sean necesarias. El programa informático que se va a utilizar para ello es EPANET, con el que se puede evaluar el funcionamiento hidráulico de toda la red, así como seguir la evolución de los caudales en las tuberías y las presiones en los nudos a lo largo del tiempo.

Este programa permite y ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de red que puede procesarse.

- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.
- Admite bombas de velocidad fija o variable.
- Determina el consumo energético y sus costes.
- Permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención y reguladoras de presión o caudal.
- Admite depósitos de geometría variable.
- Permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modelación en el tiempo.
- Admite simular la calidad del agua a partir de la inyección de sustancias contaminantes.

Para el análisis de la red hidráulica, ha sido necesario en primer lugar la creación de un archivo de lectura de EPANET, sobre el cual se han definido los nudos y las tuberías con sus datos correspondientes. Para el caso de los nudos, se ha definido tanto la cota (z) en metros, como la demanda de caudal o consumo (Q) en L/s. Por otra parte, para la definición de las tuberías del sistema, se han introducido los nudos de origen y destino, la longitud en metros, el diámetro interior (ϕ) en mm y la rugosidad.

A continuación, con el objeto de establecer las coordenadas de los diferentes nudos y definir así la red hidráulica con precisión, se ha cargado una imagen de cada sector como fondo del programa EPANET y sobre él se ha ido construyendo cada sector (figuras 15-19). De esta forma y exportando los datos posteriormente, se ha obtenido otro archivo de lectura con los datos de las coordenadas deseadas, las cuales han sido trasladadas al archivo original que se ha comentado anteriormente y donde estaban ya definidos los nudos y las tuberías de cada sector.

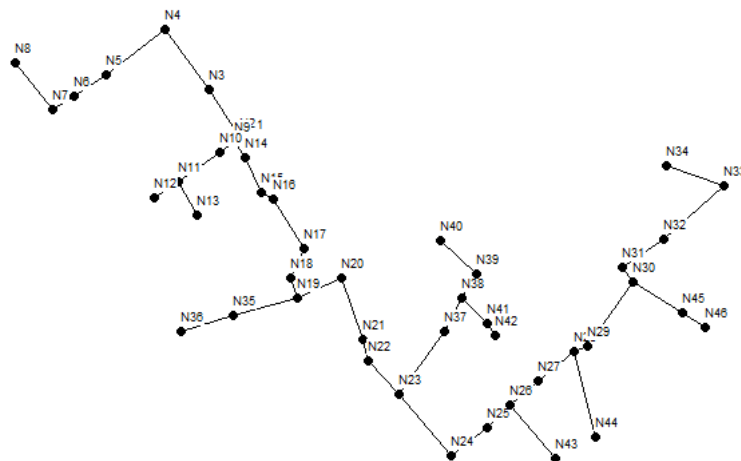


Figura 16. Representación del sector 1 en EPANET

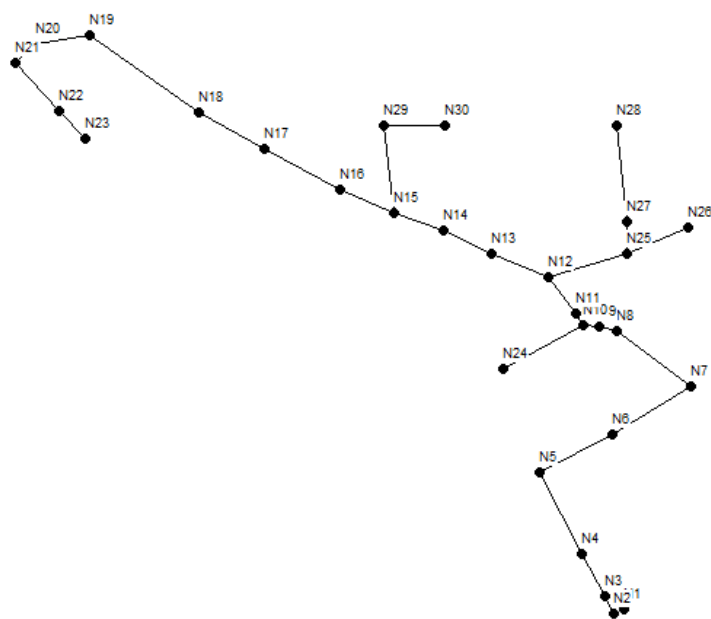


Figura 17. Representación del sector 2 en EPANET

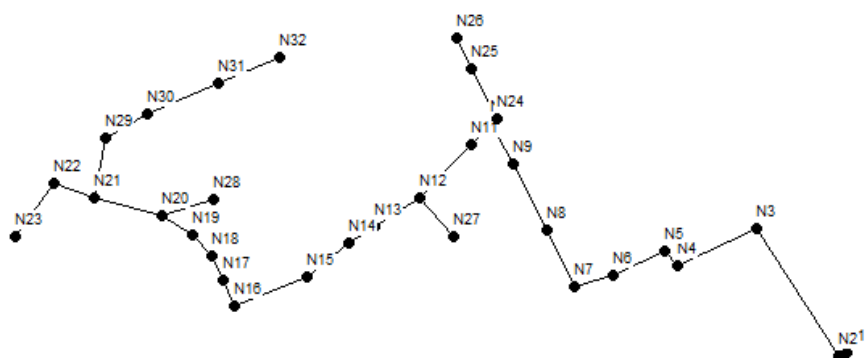


Figura 18. Representación del sector 3 en EPANET

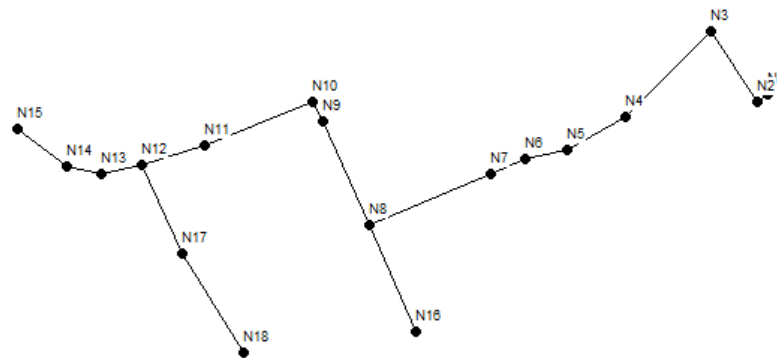


Figura 19. Representación del sector 4 en EPANET

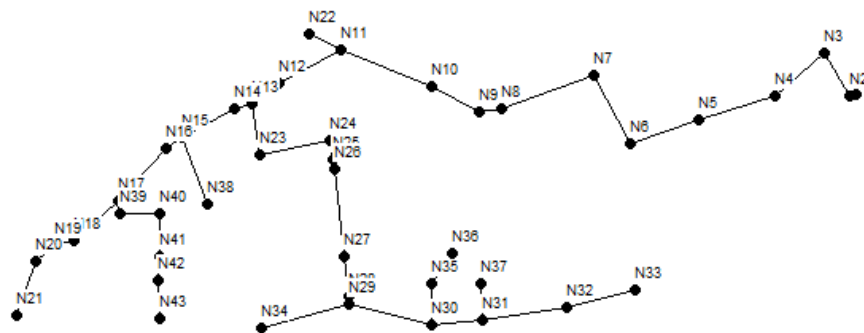


Figura 20. Representación del sector 5 en EPANET

Una vez trazada la red para cada sector, se ha de integrar **el cabezal** en cada uno de ellos, ya que está conectado de forma que abastezca a cualquier punto de la red hidráulica al completo. Se ha construido el cabezal, conectándolo mediante una tubería al origen de cada sector. Éste consta de un sistema de filtrado, un sistema de inyección de fertilizante, el sistema de bombeo (formado por 4 bombas que funcionan en paralelo) y un depósito del cual se bombea el agua de riego. Es importante definir las tuberías del cabezal con el mismo diámetro y longitud, además de introducir la cota correspondiente al origen.

Por otra parte, para continuar con el correcto análisis de la red hidráulica, es necesario definir **las bombas** (considerando que son totalmente iguales). Para ello, se ha introducido la **curva de funcionamiento y de eficiencia** a través de los datos proporcionados por el fabricante y teniendo en cuenta el modelo exacto de la bomba (ETALINE 80-210) ($Q_d = 127 \text{ m}^3/\text{h}$).

Para simular el comportamiento de los filtros se ha optado por asimilar su comportamiento al de una válvula de propósito general de EPANET. Por tanto y para la definición de dicha válvula, ha sido necesario crear en este caso la curva de **pérdidas de la válvula** en el origen del cabezal. Esta curva se ha construido de manera aproximada, a partir de un rango lógico de caudales y unas pérdidas máximas de 5 mca.

Una vez juntados todos los sectores e incorporado el cabezal en la red, se tiene finalmente el modelo hidráulico sobre el cual se harán las simulaciones pertinentes.

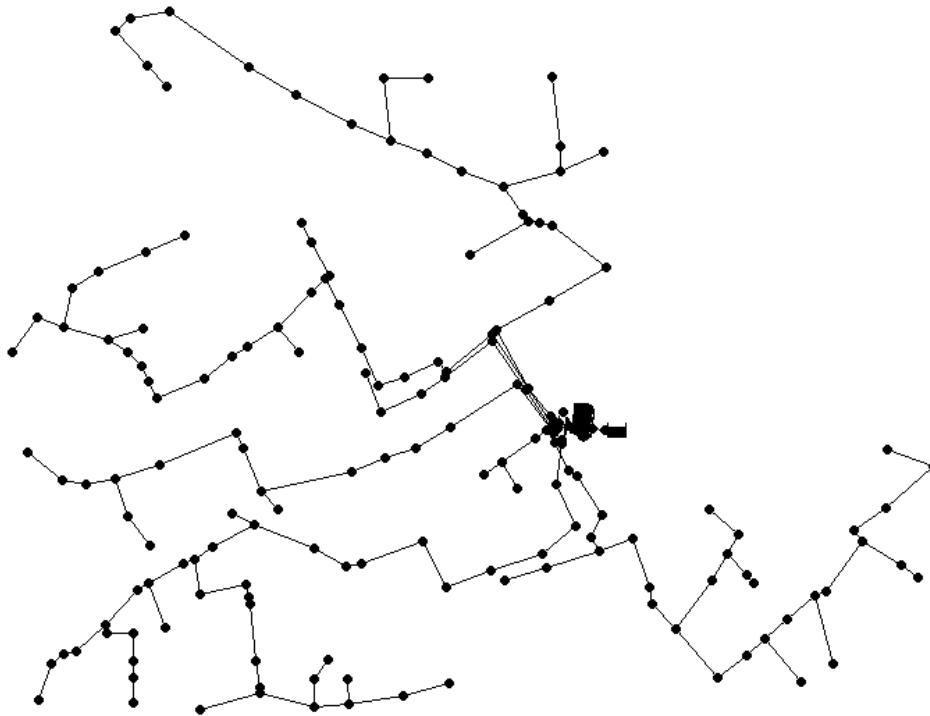


Figura 21. Modelo de la red hidráulica con todos los sectores y cabezal

4.4. Estudio del modelo en función del tipo de riego.

Una vez realizado el modelo hidráulico de la red a través de EPANET, se han definido diferentes escenarios de simulación para obtener el funcionamiento óptimo de la red. De esta forma, se pretende primero realizar un análisis del funcionamiento de la red cuando trabaja a demanda y por sectores, minimizando a ser posible el número de bombas necesarias para que las presiones se mantengan por encima de la consigna, 20 mca. Esta presión es la mínima exigida para poder abastecer correctamente cada punto de demanda de la red.

4.4.1. Riego a la demanda

Se entiende como riego a la demanda, cuando el usuario puede hacer uso de su correspondiente toma de riego siempre que lo desee y durante el tiempo que quiera, con la única condición de aceptar unas limitaciones que garanticen el correcto funcionamiento de toda la red de distribución (Arviza y Balbastre 2001).

Para realizar la simulación bajo demanda, se ha de comprobar primero que el caudal de funcionamiento de la red es menor que el caudal máximo registrado en las mediciones. La obtención de los caudales registrados en la red puede consultarse con detalle más adelante, en el apartado 6.1.

$$\sum Q_f \leq Q_{\max} \quad (4)$$

Siendo el caudal de funcionamiento el producto del caudal de demanda base y un coeficiente de simultaneidad:

$$Q_f = Q_{DB} \cdot Coef \quad (5)$$

De esta manera y obteniendo el coeficiente, se consigue simular la red siendo los puntos de consumo independientes entre ellos. Así mismo, consultando la gráfica de funcionamiento de las bombas trabajando en paralelo, se puede verificar cuál es mejor uso de las bombas en función del caudal demandado.

Se suponen así una serie de casos, atendiendo al caudal demandado y al intervalo de tiempo en el cual trabajan.

CASO 1

En el primer supuesto, se considera el caudal de funcionamiento igual al caudal máximo registrado en la instalación:

$$Q_f = Q_{\max} = 204 \frac{m^3}{h}$$

Por otra parte, el caudal de demanda base es la suma del caudal demandado en cada punto de la red:

$$Q_{DB} = 1350 \frac{m^3}{h}$$

Con lo que el coeficiente se obtiene a través del cociente entre ambos caudales:

$$Coef = \frac{204}{1350} = 0,15$$

CASO 2

En el segundo supuesto, se considera el caudal de funcionamiento igual al caudal medio registrado en la instalación, cuando sólo trabajaba una bomba:

$$Q_f = Q_{medio} = 52,3 \frac{m^3}{h}$$

Con lo que en este caso, el coeficiente de simultaneidad obtenido es:

$$Coef = \frac{52,3}{1350} = 0,038$$

CASO 3

Ahora se va a plantear el caso de que la red trabajara durante 8 horas a través de una tarifa económica en el cual el caudal medio quedaría como:

$$Coef = \frac{8}{24} = 0,33$$

Una vez obtenidos los coeficientes de simultaneidad, se introducen como “patterns” o intervalos de funcionamiento en el modelo hidráulico de EPANET para poder realizar una simulación trabajando con cada uno de ellos y obtener resultados del funcionamiento de la red.

4.4.2. Riego por turnos o sectores

En este caso, las tomas son agrupadas en cinco sectores de riego. Cada uno de estos sectores se riega durante un periodo de tiempo que se conoce como turno.

Las ventajas de la organización por turnos residen en la posibilidad de emplear de una manera más racional los recursos y equipamientos, puesto que se conoce el momento exacto en el que cada una de las tomas funciona. (Miguel Ángel Jiménez Bello, 2008)

En el caso de la fertirrigación colectiva, la sectorización es la manera más lógica de aplicar los fertilizantes, ya que el desconocimiento de cuándo se van a producir las aperturas de tomas y de qué subparcelas se van a regar, impide la preparación de las soluciones y su distribución de una manera racional.

Para construir el modelo hidráulico en EPANET, será necesario definir un patrón o intervalo de funcionamiento de cada sector que asegure el correcto abastecimiento en cada uno de los puntos de la red.

Para ello, se utilizará un tiempo hidráulico de 5 horas, definiendo cada sector con un intervalo de funcionamiento de una hora. Se ejecutará la simulación, añadiendo bombas en paralelo hasta conseguir que las presiones terminen siendo positivas. Finalmente y realizando la misma simulación repetidamente, se confirma que son necesarias cuatro bombas funcionando para poder abastecer todos los nudos de demanda de la red.

4.5. Realización del modelo de calidad.

En este apartado se va a realizar la caracterización del sistema de inyección del fertilizante, finalizando de esta manera con los objetivos del presente proyecto.

Se quiere conseguir una mejora en el **transporte y distribución** del fertilizante para cada una de las tomas, y para ello se partirá del modelo hidráulico que se ha obtenido en apartados anteriores del trabajo.

Para ello, la metodología se basará en conseguir aportar la **concentración necesaria** a cada toma de la red, manteniéndose lo más estable posible, y caracterizar el sistema de inyección, de manera que la eficiencia de riego sea la más óptima.

En principio se trabajará con el sistema de inyección ya instalado en la zona regable, que consta de una sola **bomba de pistón** que alimenta directamente al cabezal desde un depósito. En caso necesario y si los resultados no son los esperados, se diseñará un sistema de inyección alternativo con el objeto de mejorar la distribución y transporte del fertilizante.

Para comenzar, es necesario partir del trabajo que se ha estado realizando en la zona a nivel de fertirrigación. Es por eso que se ha estado realizando un seguimiento durante siete meses en donde se recoge información acerca de la **cantidad de agua y fertilizante** utilizados en cada periodo, y por tanto, obteniendo así una determinada **concentración**.

A principios de marzo se inició el riego a goteo con fertilizante comunitario en las parcelas, siempre que las condiciones climatológicas lo permitieran. En las zonas con riego automatizado, se dispuso de un horario concreto que se podía consultar en los paneles que a tal efecto se encuentran en los respectivos cabezales de la zona, así como en la web de la comunidad de Picassent.

En el resto de zonas, debido a los elevados costes eléctricos utilizados por goteo en las horas punta, la Junta de Gobierno de esta Comunidad de Regantes acordó prohibir el riego de las parcelas en unos horarios concretos. No obstante, durante estos horarios se han mantenido a baja presión las tuberías para el servicio de agua para pulverizaciones, herbicidas, etc.

El plan de abonado para el año 2017 fue por tanto el descrito en la siguiente tabla (2):

Mes	Fertilizante (kg)		Agua (m ³ /hg)	Concentración (kg/ m ³)
	10-3-6	7-3-9		
Marzo	10		16	0,63
Abril	16		23	0,70
Mayo	20		74	0,48
Junio	30		90	0,41
Julio		40	80	0,44
Agosto		38	80	0,48
Septiembre		16	40	0,40
TOTAL	76	94	365	0,47

Tabla 2. Plan de abonado año 2017

Para optimizar el plan de fertirrigación se debe hacer un buen uso de las prácticas agrícolas: poda, buen estado fitosanitario, nivel de materia orgánica y microelementos. También es muy importante que la instalación esté bien diseñada y en buen uso, ya que el mal riego implica una mala fertilización de la parcela.

Con el fin de adaptarlo a plantones y plantaciones jóvenes se pueden reducir las necesidades recomendadas según la edad de la plantación, como puede observarse en la Tabla 3:

Edad plantaciones	Necesidades máximas
1-2 años	20-25%
2-3 años	40-45%
3-4 años	60-65%
4-5 años	80-85%
5-6 años	95-100%

Tabla 3. Necesidades máximas de riego según edad de las plantaciones

Se han considerado varias maneras de realizar la simulación para la distribución de fertilizante. Por ejemplo, se ha estudiado la posibilidad de realizar una distribución del fertilizante **por sectores**, tal y como estaba previsto en el proyecto original. La idea era obtener el tiempo de inyección mínimo a emplear en cada sector, con lo que se aseguraba una concentración mínima en cualquier nudo de la instalación.

La metodología consistía en, partiendo del modelo hidráulico que se diseñó en apartados anteriores y de la concentración máxima requerida aportada como dato por la instalación, se seleccionaría el nudo donde se quiere inyectar el fertilizante y se recogerían los datos de caudal para cada sector.

Por tanto, a partir de esta concentración máxima y del caudal, se podría obtener fácilmente la cantidad de fertilizante necesaria.

$$m_{fertilizante} = Q \cdot C_{m\acute{a}x} \quad (6)$$

Pero lo que realmente interesa es obtener el volumen de fertilizante, ya que la dosificación se realiza mediante productos líquidos. Siendo la densidad del fertilizante un dato conocido:

$$\rho_{fertilizante} = 1220 \text{ kg/m}^3$$

Se aplica la fórmula de la densidad para obtener el volumen deseado:

$$\rho_{fertilizante} = \frac{m}{V} \quad (7)$$

Sector	Masa fertilizante (kg)/ m ³ de agua	Volumen fertilizante (m ³)/ m ³ de agua	Volumen fertilizante (L) /m ³ de agua
1	0,0691	5,66E-05	0,05666
2	0,0567	4,64E-05	0,04647
3	0,0408	3,34E-05	0,03346
4	0,0315	2,58E-05	0,02581
5	0,0644	5,27E-05	0,05278

Tabla 4. Masa y volumen de fertilizante para cada sector

Sabiendo pues el volumen de fertilizante a inyectar en el nudo (Tabla 4), sólo sería necesario conocer el **caudal de inyección** que proporciona la bomba pistón para obtener el tiempo que debe estar la bomba inyectando fertilizante mientras trabaja cada sector.

A través de los datos del fabricante, se ha obtenido que el caudal de inyección es:

$$Q_{inyeccion} = 0,167 \text{ L/s}$$

Es importante tener cuenta que en EPANET aparecerá esta demanda base con **valor negativo** respecto a la concentración, ya que se trata de un inyector no proporcional al caudal.

Por tanto, el tiempo de inyección para cada sector viene reflejado en la siguiente tabla (6):

Sector	Tiempo de inyección (s)
1	0,33802
2	0,27723
3	0,19964
4	0,15401
5	0,31488

Tabla 5. Tiempo de inyección para cada sector

Este tiempo de inyección puede expresarse como un porcentaje en función del tiempo total de riego que se considere. Por tanto y como se conoce el tiempo de riego, ya que es un dato proporcionado por la instalación de Cova Santa (3,2 horas), se obtiene en función del porcentaje calculado, el tiempo de inyección real trabajando esas 3,2 horas.

Para realizar una adecuada simulación de la distribución del fertilizante, se divide el tiempo de riego en intervalos de 5 min y se obtiene de esta manera el tiempo en que se debe estar inyectando fertilizante y el espaciamiento entre cada inyección. Interesa redondear el espaciamiento a múltiplos de 5 para poder ajustarlo en EPANET. De esta manera el seguimiento estará mucho más controlado y se podrán obtener resultados más cercanos a la realidad.

Sector	Tiempo inyección (min)	Intervalos de fertilización	Tiempo espaciamiento real (min)
1	65	13	15
2	55	11	15
3	40	8	25
4	30	6	30
5	60	12	15

Tabla 6. Tiempos de inyección real y distribución de la inyección para cada sector

De esta manera ya se puede proceder a construir el archivo de simulación en EPANET creando un nuevo "pattern" o intervalo de tiempo, que será el de distribución del fertilizante por sector.

Se define la concentración inicial en el nudo de inyección ($0,7 \text{ kg/m}^3$) que se mantendrá fija y se crea una fuente de aporte másico, al cual se le asocia el "pattern" creado. En la figura 21 puede observarse una muestra de cómo quedaría representada la distribución del fertilizante con este patrón de tiempos funcionando:

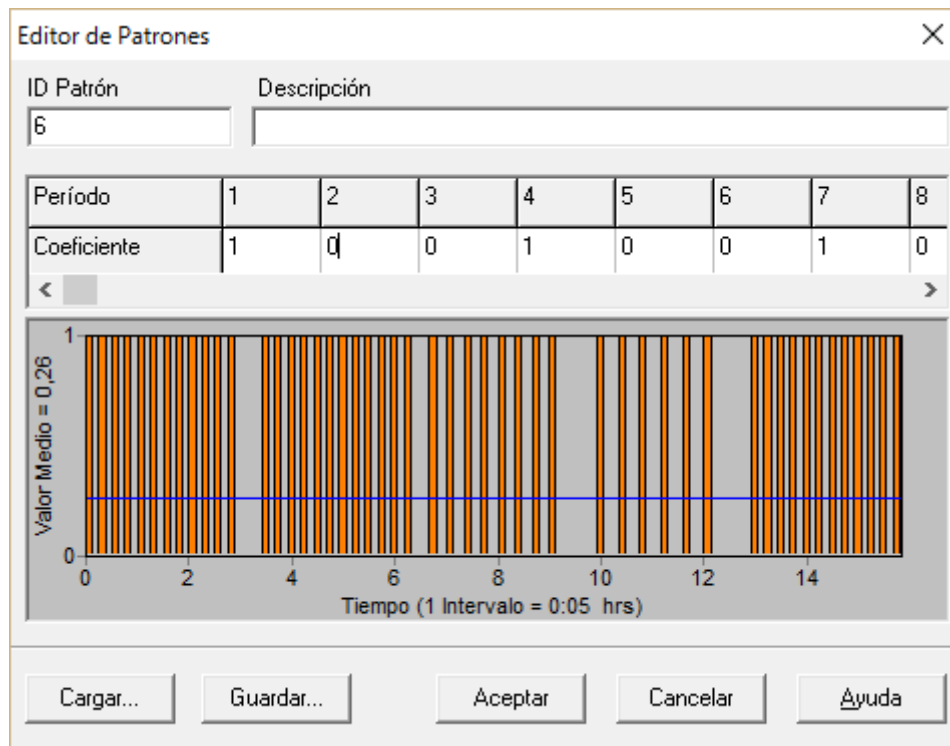


Figura 22. Distribución del tiempo de inyección en EPANET

Puesto que la red trabaja **a la demanda**, debería realizarse la simulación de distribución de fertilizante bajo este supuesto, y no de forma sectoral.

Esto implicaría generar múltiples demandas aleatorias reproduciendo los caudales reales suministrados, con lo que el problema pasaría a ser más complicado de tratar en el actual trabajo. Por ello, se ha optado finalmente por analizar casos más sencillos, y así comprobar sobre ellos la distribución de fertilizante. De esta manera, se podrá realizar un análisis de la fertilización de la red que se corresponda de forma cercana a la realidad.

Lo ideal es simular cómo evoluciona el fertilizante en el caso de un caudal variable, pero trabajando a la demanda, aunque debido a la dificultad que eso supondría se ha optado por hacer tres simulaciones sencillas donde se van a **distribuir aleatoriamente todas las tomas de la red en cinco sectores también aleatorios**. La única diferencia entre los diferentes escenarios residirá en que los hidrantes abiertos en cada sector serán diferentes, teniendo cada sector un caudal semejante.

Por otra parte, la diferencia principal con el proyecto original se basará en que en las simulaciones propuestas, las tomas **no están agrupadas bajo una tubería de distribución común**, sino que se distribuyen sobre todos los nudos de consumo de la red. Esto, previsiblemente, ya permite ver si la distribución de fertilizante es correcta al ir variando las condiciones iniciales de funcionamiento en el diseño.

Por tanto, a partir del modelo hidráulico que se diseñó en apartados anteriores y de la densidad del fertilizante obtenida a través del fabricante, se selecciona el nudo donde se quiere inyectar y se crea una fuente de calidad del tipo concentración.

Como calidad de la fuente o concentración se inserta la densidad del fertilizante (1220000 mg/L) y de esta manera se asegura una correcta fertirrigación para cualquier tipo de condiciones.

Para construir los diferentes escenarios se realizaron primero **múltiples casos aleatorios** de todos los nudos con demanda base, modificando los archivos del modelo hidráulico. Finalmente se han ejemplificado los resultados con **tres de ellos**, al estar los valores obtenidos siempre dentro de un mismo rango.

Por otro lado, la inyección se ha considerado **a intervalos constantes, trabajando con el caudal medio de la red.**

Teniendo en cuenta que la jornada de riego es de 16 horas, se obtiene un total de 190 intervalos en los que estará dividido el patrón. De esta manera el seguimiento estará mucho más controlado y se podrán obtener resultados más cercanos a la realidad.

El patrón de tiempos en el que funcionará la bomba de inyección queda por tanto como se muestra en la figura 22:

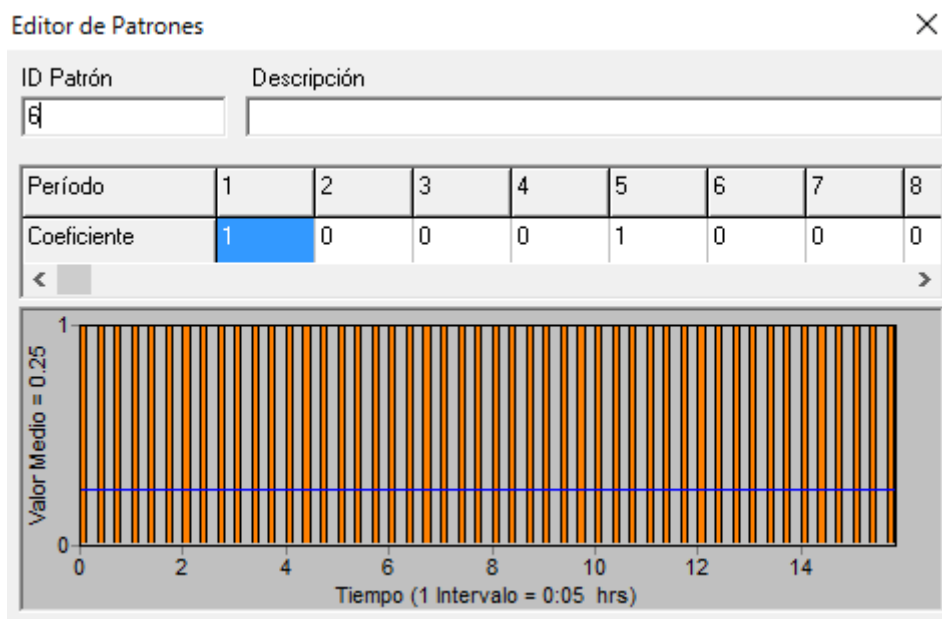


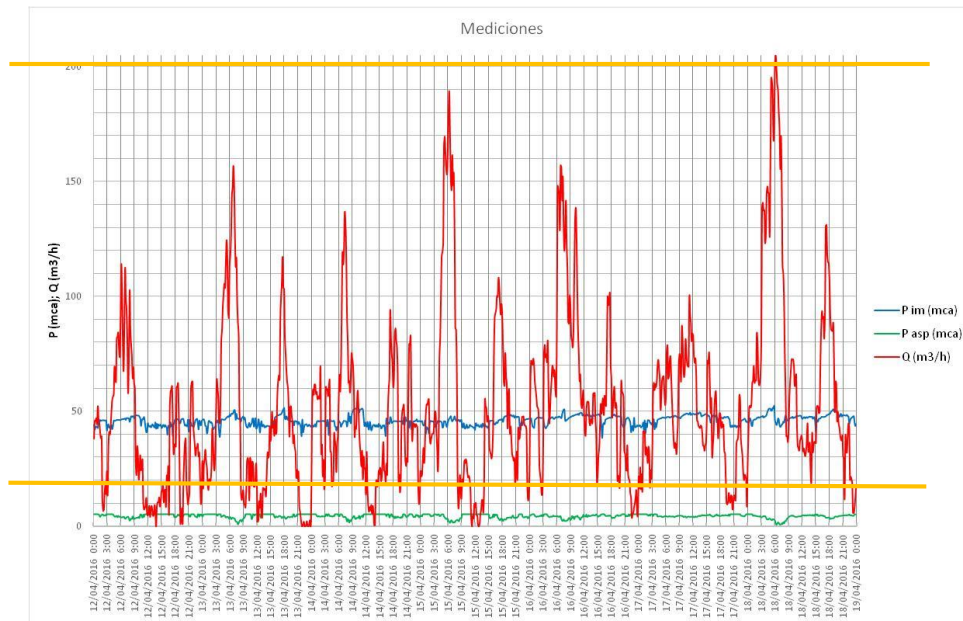
Figura 23. Patrón de tiempo de funcionamiento de la bomba de inyección

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Resultados de la evaluación energética

Los resultados de las presiones medidas en el cabezal de riego vienen reflejados a partir de esta gráfica:

Nota: Para uniformizar las lecturas y realizar el análisis se han promediado valores en intervalos de 10 minutos.



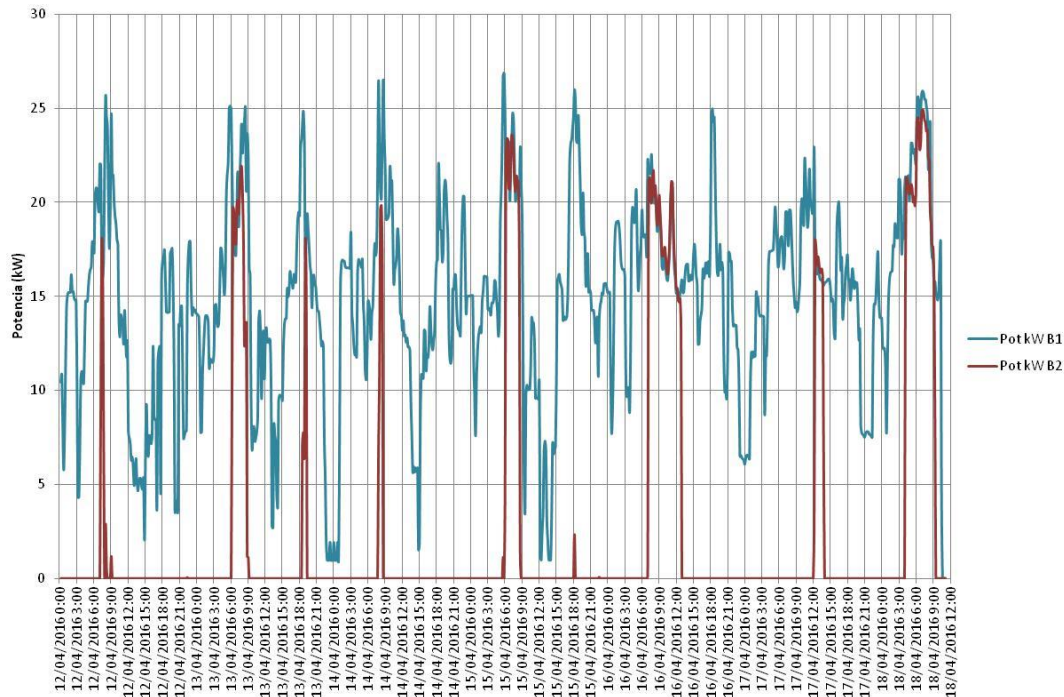
Gráfica 2. Evolución de presión y caudal en el cabezal

Como se puede observar en el gráfico (véase ANEJO, apartado 3.2), las **presiones** a la entrada y salida de las bombas se mantienen razonablemente estables, siendo sus respectivos valores medios de 46 mca y 4.3 mca.

Por otra parte, el **caudal** sufre importantes fluctuaciones, desde valores nulos hasta máximos de 204 m³/h (valor máximo marcado por la recta) El caudal medio es de 52.3 m³/h (valor aproximado marcado por la recta), que daría un rendimiento de la bomba del 65% (el caudal nominal que daría un rendimiento máximo del 80% es de 98 m³/h).

Los valores máximos se dan durante las horas valle. Sin embargo y según los registros, se está suministrando agua durante, prácticamente, todo el día.

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

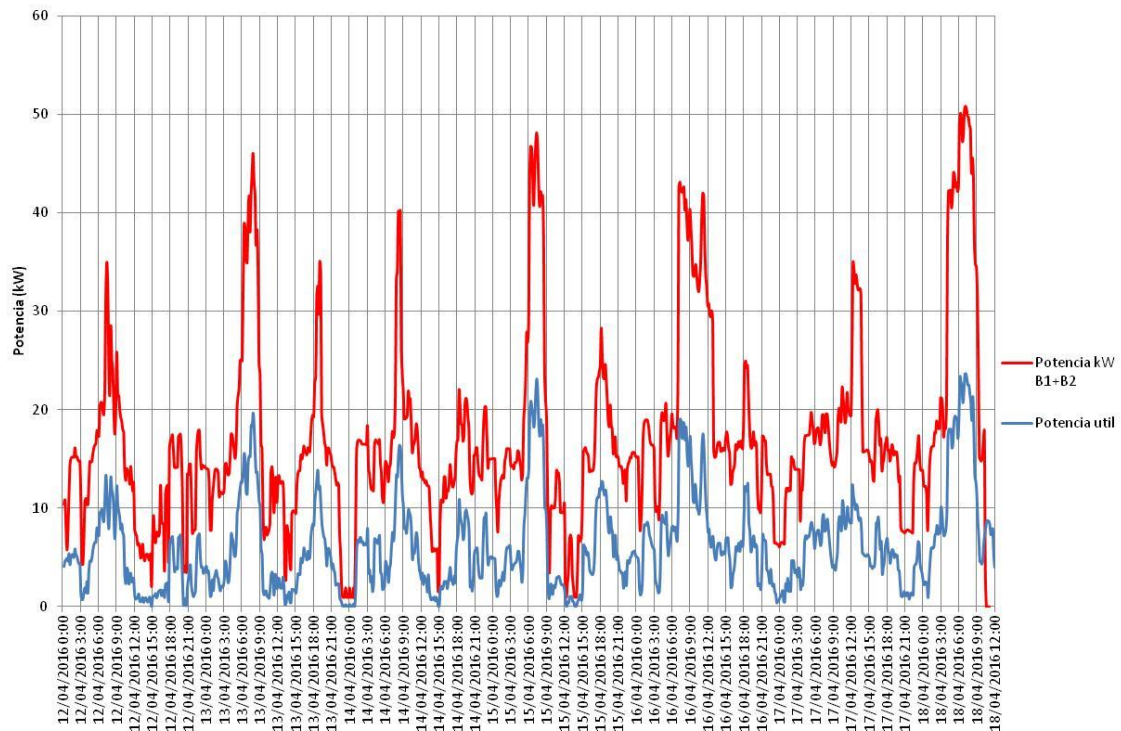


Gráfica 3. Evolución de potencias consumidas por cada bomba

En esta gráfica se observan los resultados obtenidos de las **potencias** consumidas por cada bomba a partir de las mediciones experimentales comentados anteriormente. Tal y como refleja la lectura de los analizadores de red, una de las dos bombas trabaja casi continuamente, mientras que la segunda solo actúa en aquellos momentos que la demanda supera la presión que una sola bomba es capaz de suministrar. Ambas bombas están equipadas con **variadores de frecuencia**, por lo que adaptan su régimen de giro a la demanda existente en cada instante.

Como se ha comentado anteriormente, para la correcta evaluación energética, es esencial obtener la potencia útil suministrada por las bombas (ecuación 1).

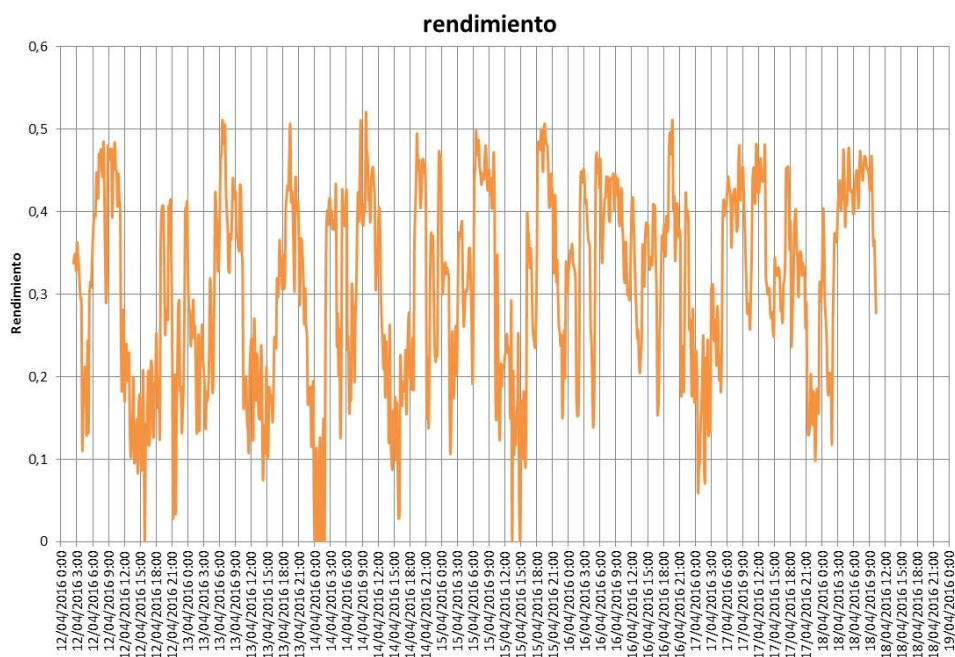
Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)



Gráfica 4. Evolución de la potencia total consumida y potencia útil en el cabezal

En la gráfica se puede observar una clara diferencia entre ambas potencias, ya que la energía mecánica realmente aprovechada es bastante inferior a la total consumida por las bombas.

Para analizar mejor el significado de esta diferencia, se representa a continuación el **rendimiento** total de las bombas -incluido el del motor-.



Gráfica 5. Evolución del rendimiento de potencias

La comparación directa de ambas potencias da como resultado un rendimiento del 30% para cada intervalo de 10 minutos. Por otra parte, se obtiene un rendimiento del 35% si la comparación se establece entre la energía total aportada y la energía total consumida. Este rendimiento incluye las **pérdidas en la bomba y las del motor**.

Para analizar el funcionamiento de las bombas, sin considerar las pérdidas de energía en el motor, se procede a distinguir entre periodos de funcionamiento de una o dos bombas. Con el mismo objetivo, se seleccionan los periodos valle de los días 15 de abril (viernes), 16 de abril (sábado) y 18 de abril (lunes) donde las bombas están trabajando con alta demanda, más próximas por tanto a los caudales nominales.

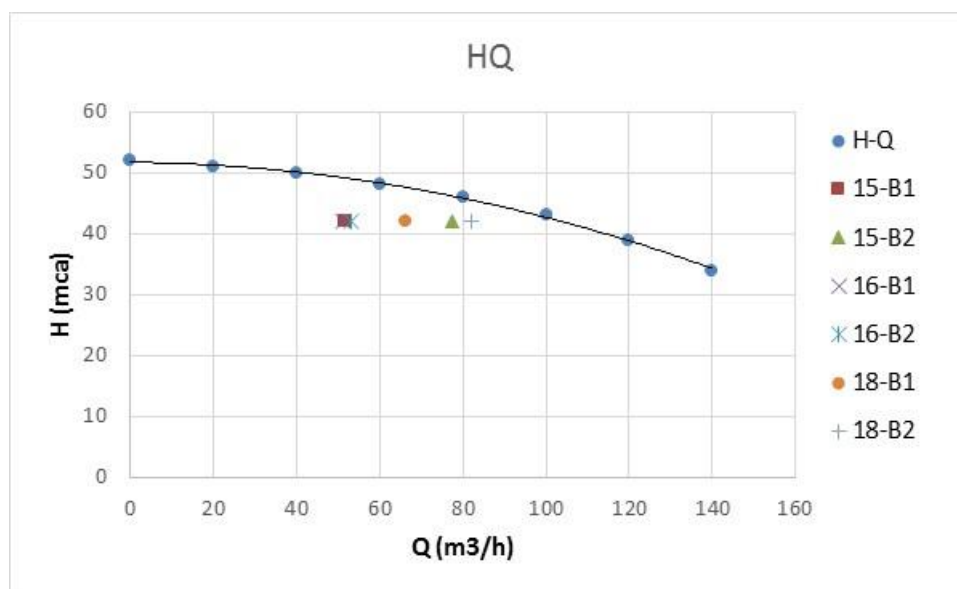
En la siguiente tabla se presentan los **caudales medio** durante las horas valle de los días considerados, el factor alfa de ajuste de la frecuencia nominal y el rendimiento de la bomba (excluyendo pérdidas en el motor).

Horas Valle	Q medio B1	Q medio B2	$\alpha 1$	$\alpha 2$	$\eta 1$	$\eta 2$
día 15	51.7	77.4	0.927	0.955	64.9	76.7
día 16	51.2	53.2	0.926	0.928	64.6	65.9
día 18	66.3	82	0.941	0.961	73.0	77.7

Tabla 7. Caudales medios, factores de velocidad y rendimientos en horas valle

Se admite que el funcionamiento de la Bomba 2 es el mismo que el de la Bomba 1 durante el periodo que trabajan asociadas en paralelo. Esta simplificación es admisible en estos tres días, al verificarse la igualdad las potencias consumidas por ambas máquinas, como se puede observar en la gráfica de “potencias consumidas por cada bomba”.

Los factores de ajuste de la velocidad nominal se obtienen con esos caudales y suministrando una **altura de bombeo de 42**, que es el promedio durante el periodo estudiado. A partir de los pares HQ y del factor α se obtiene el rendimiento que proporcionaría la bomba (considerando la regulación de la velocidad de giro). Los factores alfa de ajuste de la velocidad de giro y los rendimientos obtenidos se calculan a partir de las curvas que el fabricante proporciona para este modelo; no habiéndose obtenido in situ las curvas HQ y rendimiento-Q de las bombas.



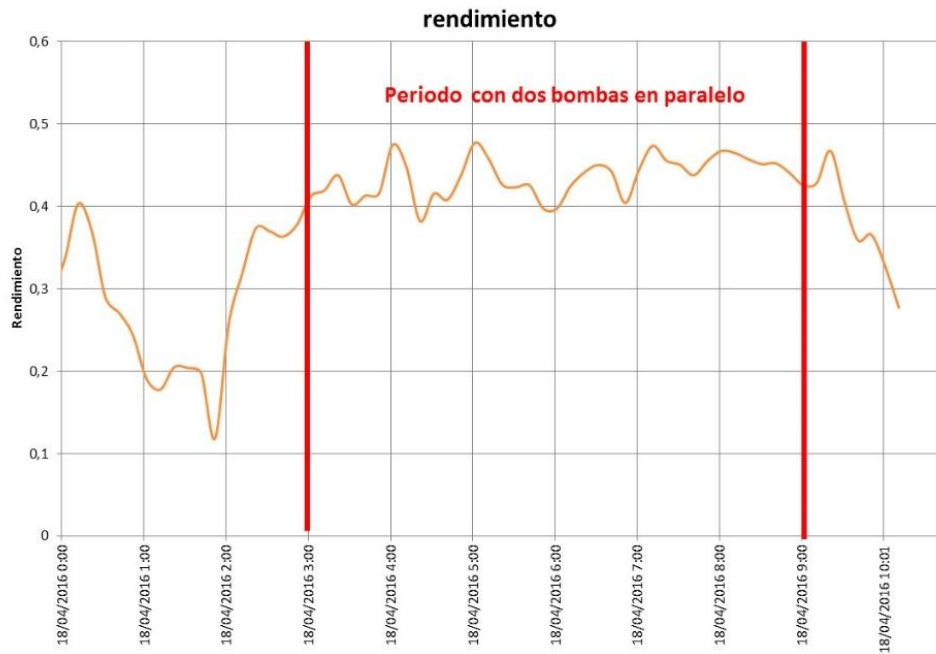
Gráfica 6. Puntos medios de funcionamiento en periodos valle seleccionados

Como se observa en la gráfica 7, los máximos rendimientos del grupo se logran en los periodos de **máxima demanda**, cuando las bombas trabajan en paralelo, para el periodo de hora punta del día 18.

Por tanto y trabajando con el mayor rendimiento conseguido en ambas bombas ($\eta_1=73\%$ y $\eta_2=77,7\%$), aplicando la ecuación (4) se obtendrían las siguientes curvas características:

$$H'_1 = 45,786 + (-0,0054) \cdot Q + (-0,0008) \cdot Q^2$$

$$H'_2 = 47,753 + (-0,0055) \cdot Q + (-0,0008) \cdot Q^2$$



Gráfica 7. Rendimiento de las dos bombas funcionando en paralelo

Como se muestra en la gráfica 8, en la zona de máximos rendimientos teóricos de la bomba, se alcanzan rendimientos del grupo entre el 40 y 50%. Esta discrepancia entre los potenciales rendimientos teóricos de la bomba y los rendimientos obtenidos son debidas en primer lugar a que los rendimientos reales incluyen las pérdidas de energía que se producen en el motor y no están contempladas en las funciones que proporciona el fabricante. Aun así cabe pensar que existen problemas en el variador de frecuencia o en su consigna para la regulación de la velocidad de giro.

5.2. Resultados hidráulicos

En este apartado se van a estudiar los resultados de la simulación en EPANET desde el punto de vista hidráulico. Para ello se han considerado dos metodologías diferentes, trabajando tanto por sector como por demanda, algo que ya se ha comentado en apartados anteriores. El objetivo es analizar la presión y la altura que se obtiene en cada punto de la red, además de las velocidades que circulan por las tuberías.

Se parte de que el objetivo es superar una **presión mínima de 20 mca**, para asegurar un correcto servicio en cada toma de la parcela. Por otra parte, no conviene que se sobrepasen los 60 mca, ya que podrían presentarse problemas de cavitación.

También es importante que **las velocidades no superen los 2,5 m/s** para que las tuberías no sufran problemas de desgaste debido a la fricción. Es conveniente que la velocidad tampoco sea demasiado baja, pues esto conllevaría a la posible deposición de sólidos, con lo que la fertirrigación no sería demasiado buena.

5.2.1. Resultados trabajando a partir de la sectorización

Ejecutando la simulación por turnos para cada sector en EPANET, la presión resulta ser insuficiente, adquiriendo valores negativos, para poder abastecer el sistema utilizando tan sólo una bomba.

Realizando siguientes simulaciones, se llega a la conclusión de que son necesarias cuatro bombas funcionando en paralelo para obtener la presión de consigna (20mca) en todos los puntos de la red.

Se han extraído los datos y las tablas de cada sector para poder analizar en mayor profundidad el adecuado funcionamiento del sistema, tanto en nudos como en líneas (véase ANEJO, apartado 5.1).

En estos gráficos se puede observar una muestra general de la evolución de la presión y la velocidad en los nudos, según trabaja cada sector:

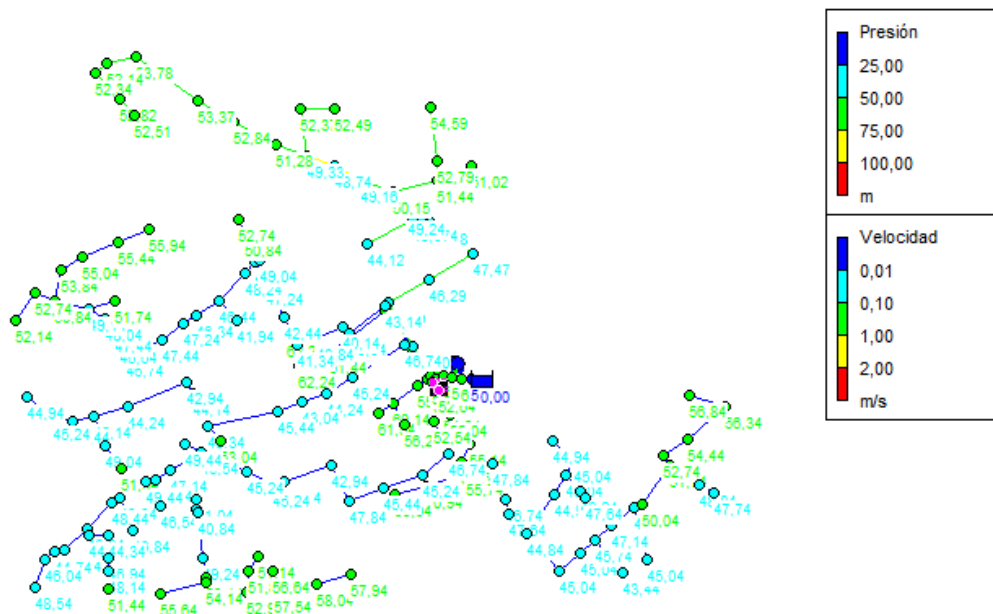


Figura 24. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 1

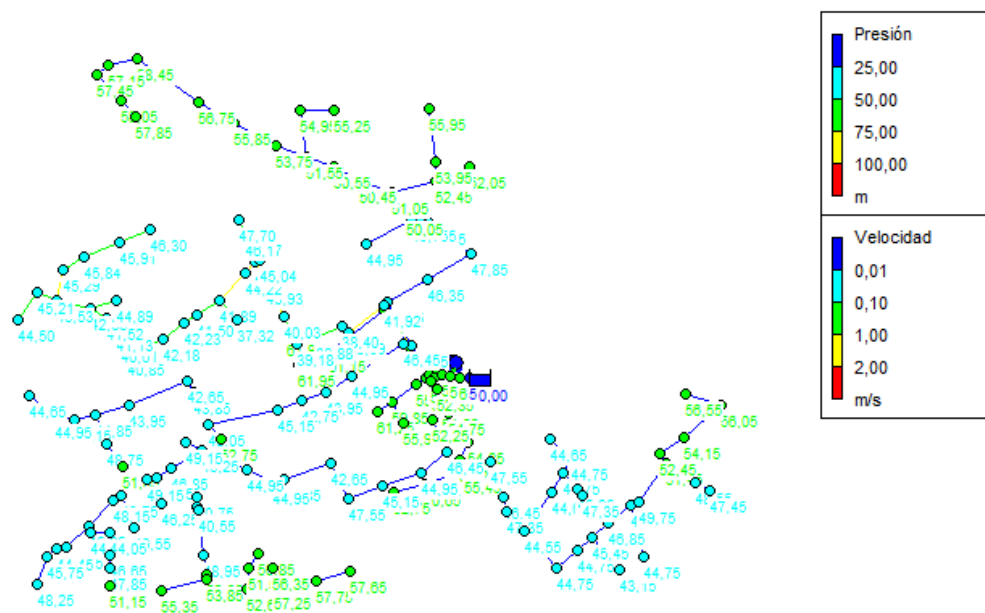


Figura 25. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 2

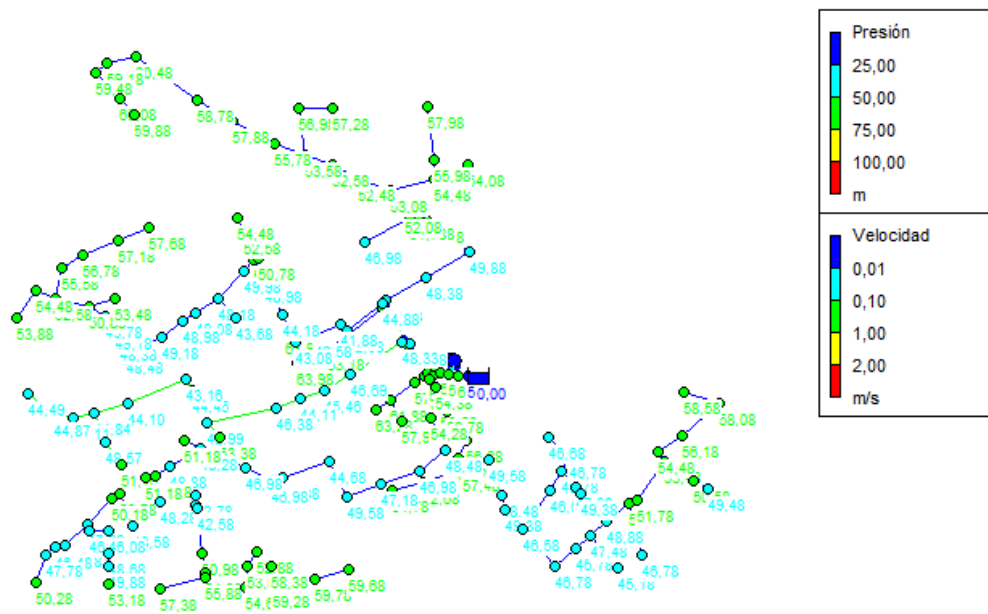


Figura 26. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 3

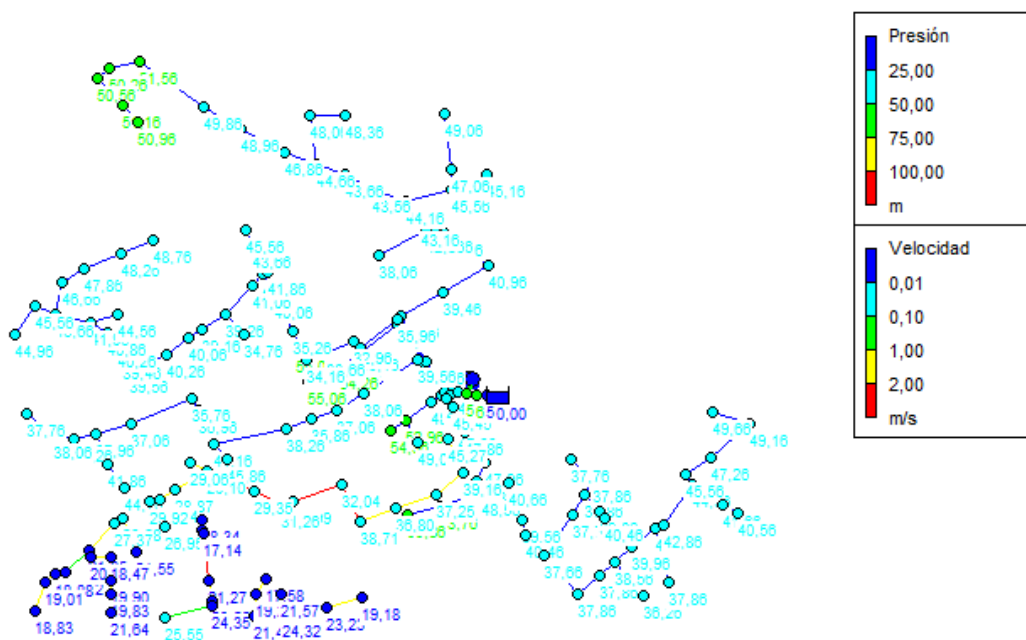


Figura 27. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 4

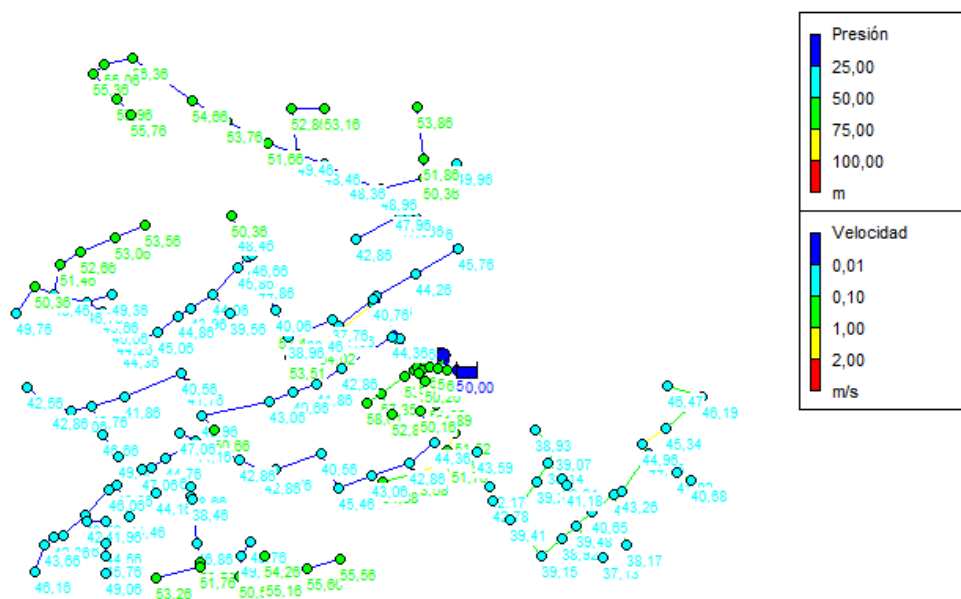


Figura 28. Resultados de presión y velocidad cuando trabaja el Sector 5

Se puede observar que las presiones son bastante razonables cuando trabaja cada sector en particular, pero **trabajando el sector 4 no se llega a la presión de consigna** en algunos nudos de demanda pertenecientes al sector 5.

En cuanto a las velocidades, cabe señalar que no sufren apenas fluctuaciones al variar los diámetros, ya que en general continúan manteniéndose dentro del rango recomendado (0,5-2,5 m/s). Hay alguna excepción puntual en la que no se llega a la velocidad mínima o se sobrepasa la velocidad máxima, pero no de manera significativa. Por tanto, no afectaría a la estabilidad de la red ni a su correcto funcionamiento.

5.2.2. Resultados trabajando bajo demanda

Como se ha comentado anteriormente, en la actualidad la red se encuentra trabajando bajo demanda, por lo que se han expuesto varios escenarios con el objeto de analizar las variables hidráulicas y observar su comportamiento.

Se han realizado por tanto **tres simulaciones en total**: una para un caudal máximo de funcionamiento, otra para un caudal medio y finalmente una simulación alternativa donde la bomba trabajara 8 horas al día.

Los resultados extraídos del programa EPANET vienen recogidos en tablas, que se han incluido también en el ANEJO (apartado 5.2).

También se muestran a continuación una serie de gráficas en las que se observa el comportamiento general de la instalación, con respecto a sus presiones y velocidades.

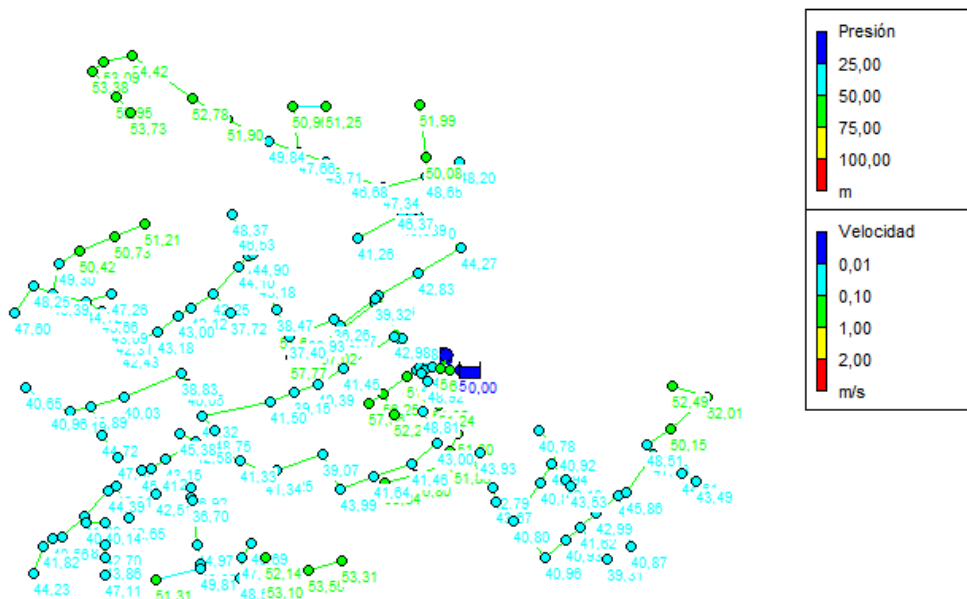


Figura 29. Presión y velocidad trabajando a demanda con $Q_{m\acute{a}x}$

Utilizando un caudal máximo de funcionamiento, con su respectivo coeficiente de simultaneidad, las presiones obtenidas son razonables y superan con creces la presión mínima de consigna. Por otra parte, las velocidades son demasiado bajas, manteniéndose por debajo del mínimo recomendado (0,5 m/s), lo que podría dar problemas a causa de una deposición de sólidos. Por tanto, habría que dar una solución para evitar futuros problemas.

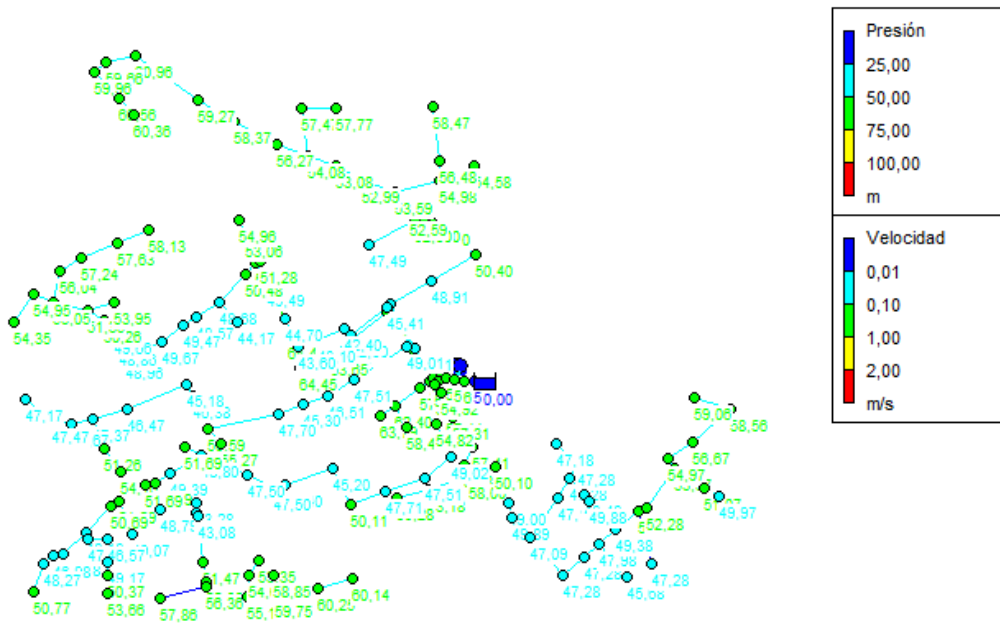


Figura 30. Presión y velocidad trabajando a demanda con Q_{medio}

En cuanto al uso de un caudal medio de funcionamiento, los resultados son menos acertados. Varios nudos de la red sobrepasan los 60 mca de presión, lo que podría causar la rotura de las tuberías si no se controla con algún tipo de válvula reguladora. Además, las velocidades obtenidas son todavía menores que en el caso anterior utilizando un caudal máximo. Por tanto, esta solución quedaría totalmente descartada. En consecuencia, queda plenamente justificada la regulación del bombeo mediante el variador de frecuencia para adaptar la presión a la demanda de caudal existente en la instalación. Si bien, como se ha comentado en el apartado anterior, debe ser ajustado su funcionamiento.

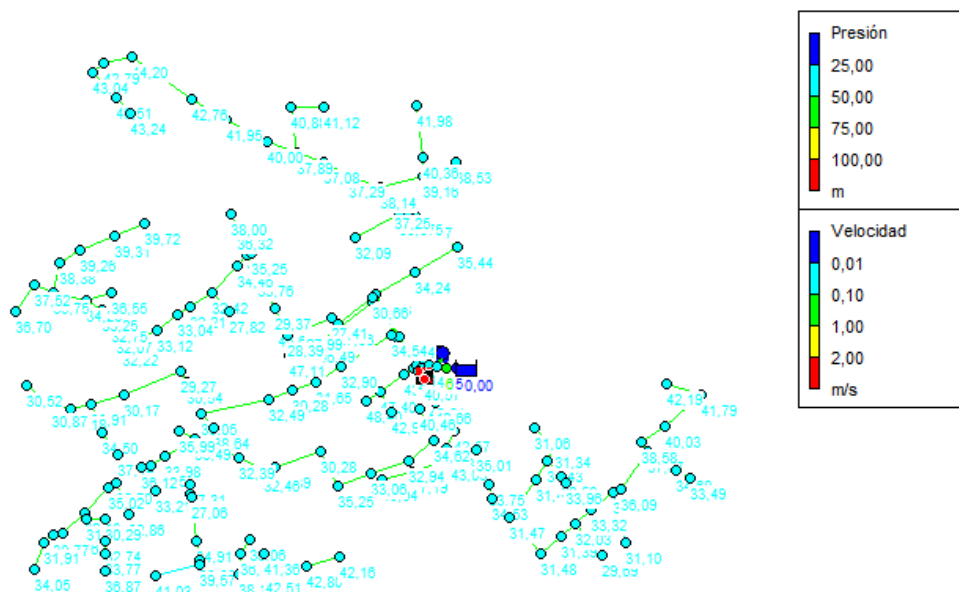


Figura 31. Presión y velocidad trabajando a demanda con $Q_{económico}$

Por último, en el caso de utilizar una bomba que trabajara únicamente 8 horas al día, se observa que las presiones se mantendrían dentro de lo correcto (sobrepasando los 60 mca en algún caso puntual). En cambio, se sigue teniendo el mismo problema de velocidades demasiado pequeñas para el correcto abastecimiento de la red.

5.3. Resultados del modelo de calidad

5.3.1. Fertirrigación por sectores

Según el proyecto original y trabajando de manera sectorial, se ha realizado un análisis de la distribución del fertilizante.

En la siguiente figura, se muestra la concentración de los nudos de un determinado sector de la red, en el momento en que dicho sector se encuentra trabajando:

A continuación también se puede observar la evolución de los nudos de cada sector en toda la jornada de riego (figuras 32-36):

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

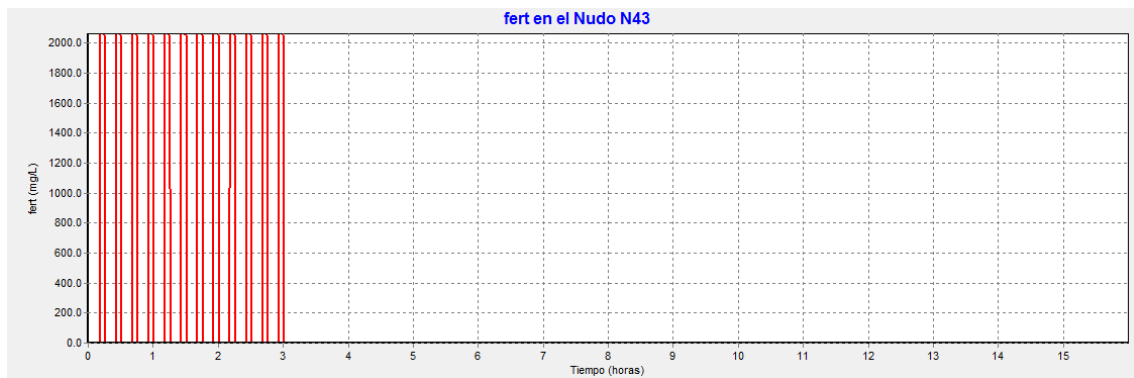


Figura 32. Distribución de fertilizante en nudo 43 del sector 1

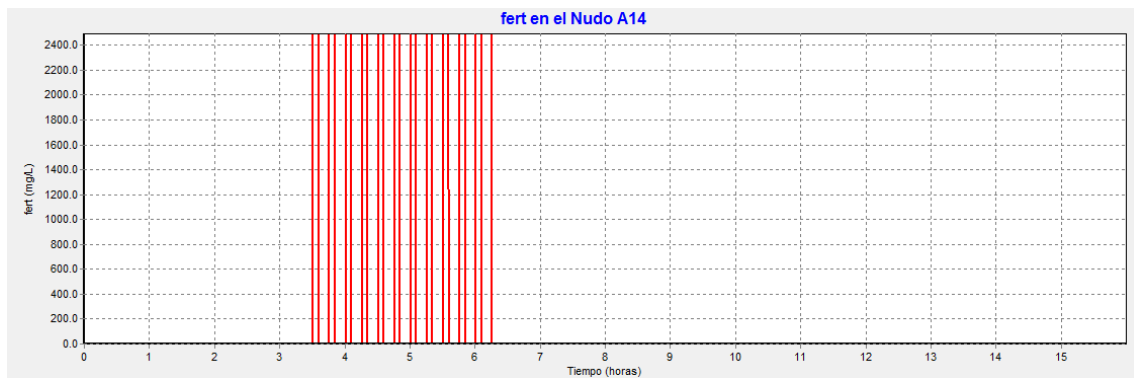


Figura 33. Distribución de fertilizante en nudo 14 del sector 2

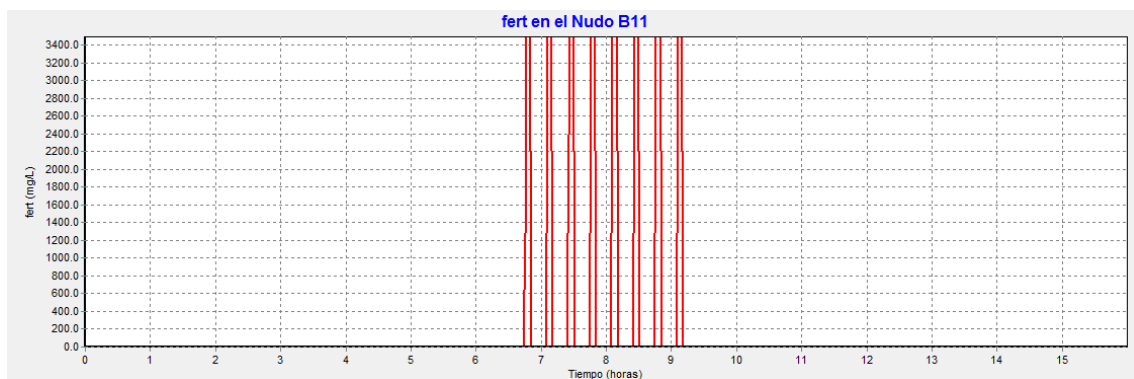


Figura 34. Distribución de fertilizante en nudo 11 del sector 3

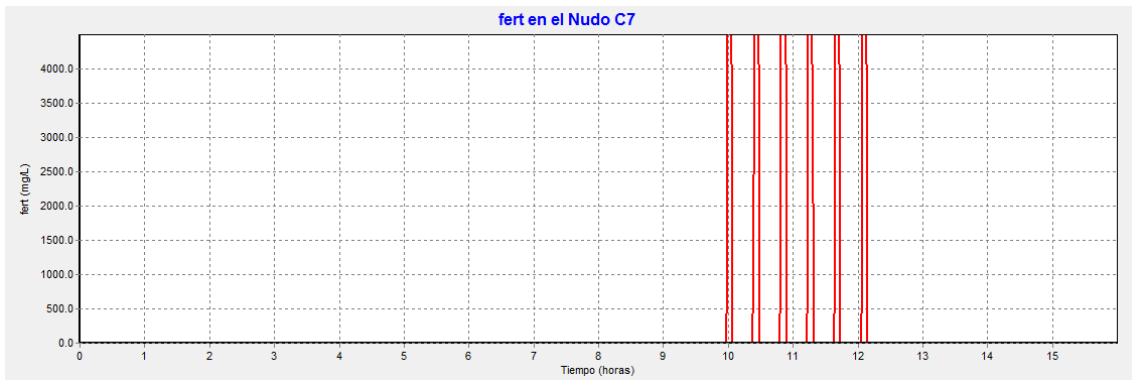


Figura 35. Distribución de fertilizante en nudo 7 del sector 4

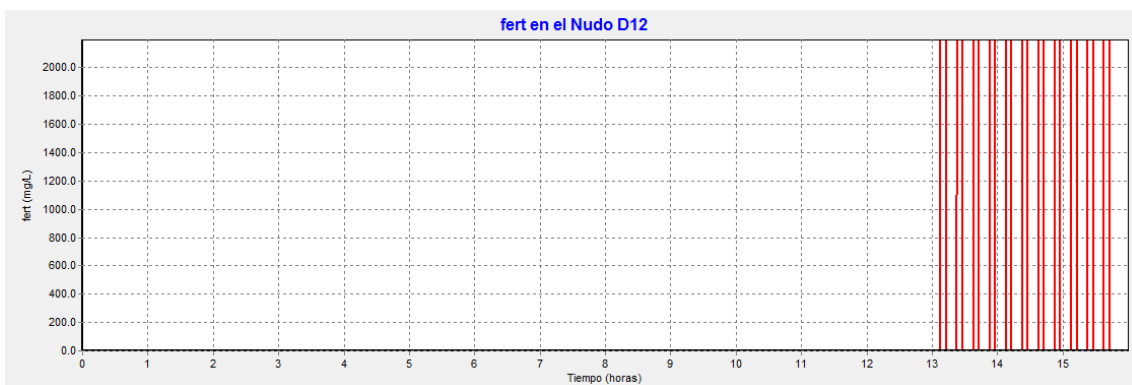


Figura 36. Distribución de fertilizante en nudo 12 del sector 5

Tal y como se ve, en los nudos de los diferentes sectores se alcanzan valores muy similares de concentración de fertilizante, por lo que la distribución del proyecto original otorga buenos resultados, que pueden considerarse válidos.

Para verificarlo de una manera más precisa, se han extraído las tablas de tiempo y concentración de fertilizante, con el objeto de calcular la cantidad de fertilizante total utilizada en cada uno de los nudos y comprobar que en todos ellos se alcanza un valor similar.

Por una parte, a partir de la demanda de caudal, se ha obtenido el volumen total de riego para cada nudo seleccionado. Mientras que con la concentración de fertilizante, se han calculado los kg totales utilizados en dicho nudo.

En la siguiente tabla pueden observarse los resultados obtenidos:

Cantidad de fertilizante (kg/m ³)	
Sector 1 (nudo 43)	0,6515
Sector 2 (nudo 14)	0,7738
Sector 3 (nudo 11)	0,7353
Sector 4 (nudo 7)	0,7094
Sector 5 (nudo 12)	0,6357

Tabla 8. Cantidad de fertilizante (kg) utilizada por m³ en cada nudo

Se observan unos valores muy semejantes tratando un nudo aleatorio por sector de la red, durante toda la jornada efectiva de riego, por lo que puede considerarse una buena y aceptable distribución de fertilizante.

5.3.2. Fertirrigación con reparto aleatorio

Como se ha comentado anteriormente, se han dispuesto tres casos diferentes en los que se han realizado **tres repartos aleatorios** de todos los nudos con demanda base.

Para analizar qué sucede de forma general, se han seleccionado unos nudos concretos de cada sector y se muestra a continuación la evolución temporal de la concentración en dicho nudo, para cada caso de reparto aleatorio (figuras 37-51).

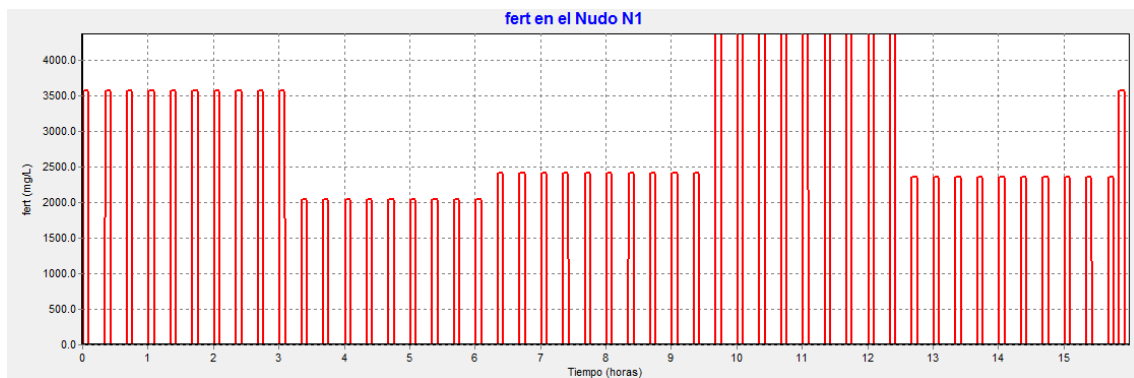


Figura 37. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 1

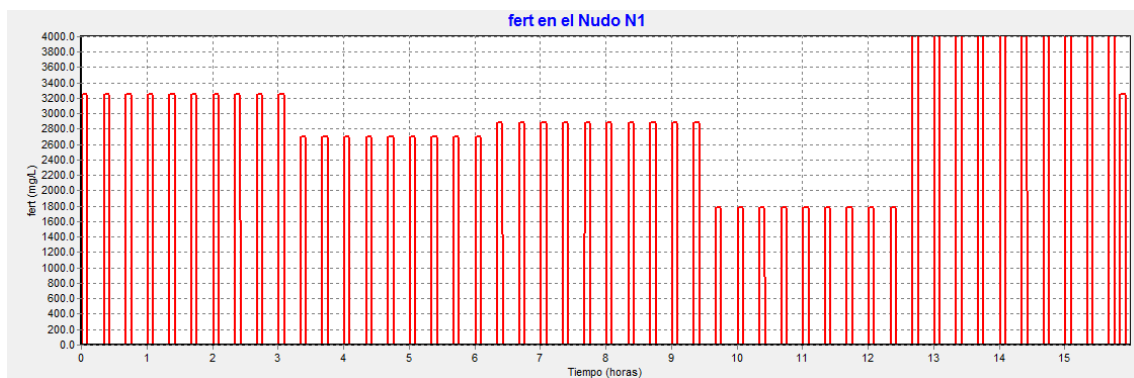


Figura 38. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 2

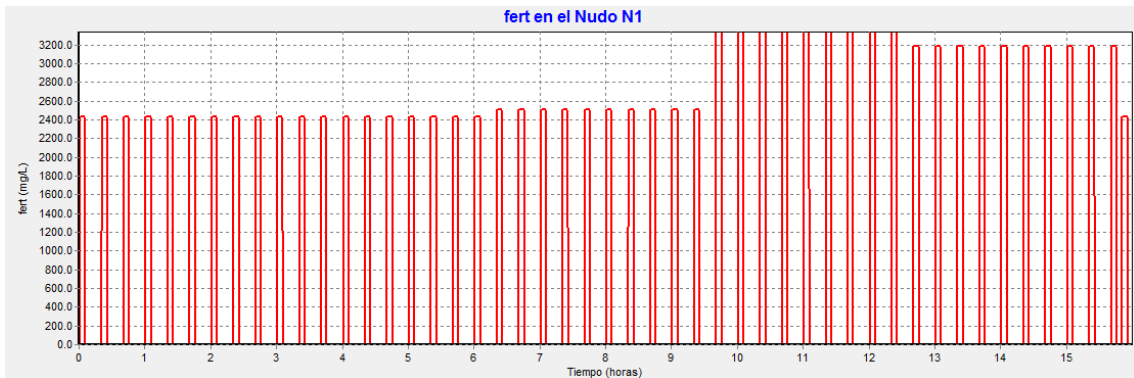


Figura 39. Evolución de la concentración en nudo N1, para el caso 3

Para el nudo N1 (sector 1), se observan diferentes evoluciones donde la concentración adquiere valores que fluctúan demasiado en el tiempo, sea cual sea el caso aleatorio planteado.

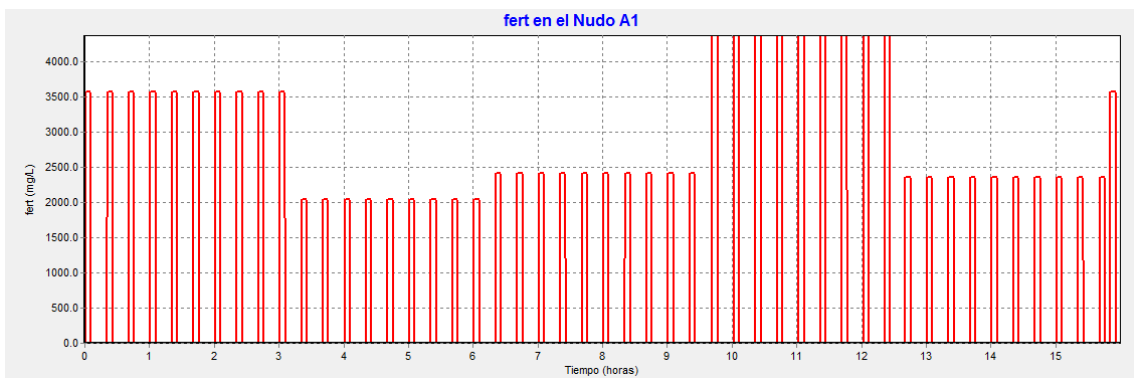


Figura 40. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 1

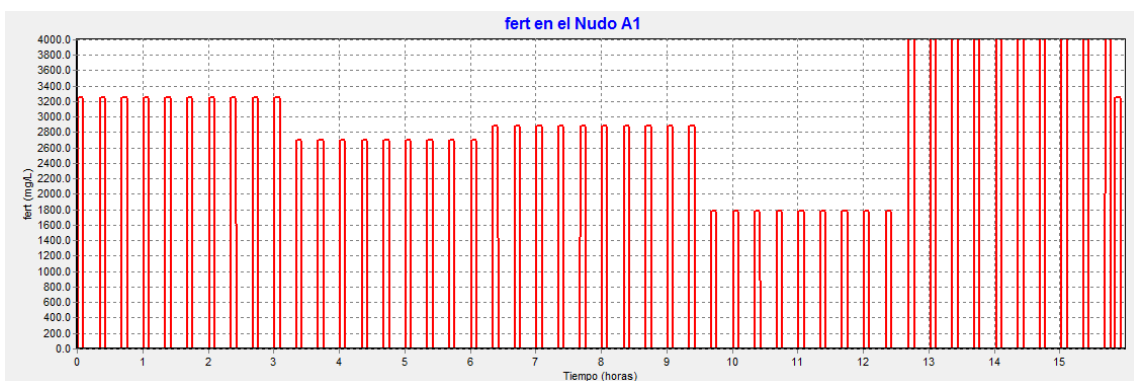


Figura 41. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 2

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

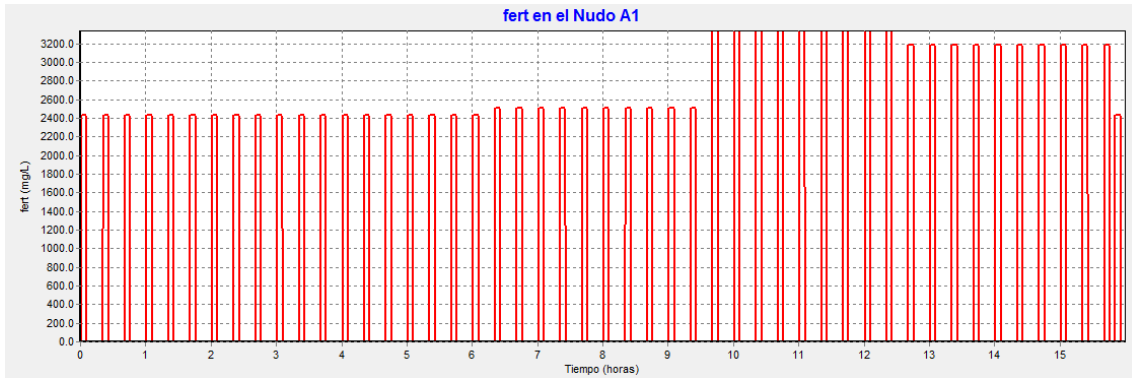


Figura 42. Evolución de la concentración en nudo A1, para el caso 3

Algo similar ocurre con el nudo A1 (sector 2), ya que en las figuras 40, 41 y 42 se observa una distribución bastante irregular del fertilizante, alcanzando concentraciones muy diferentes en los tres casos planteados.

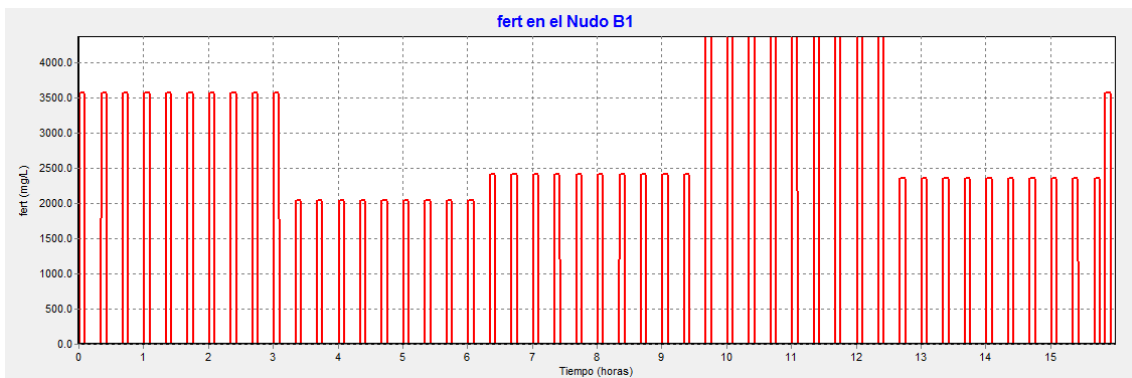


Figura 43. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 1

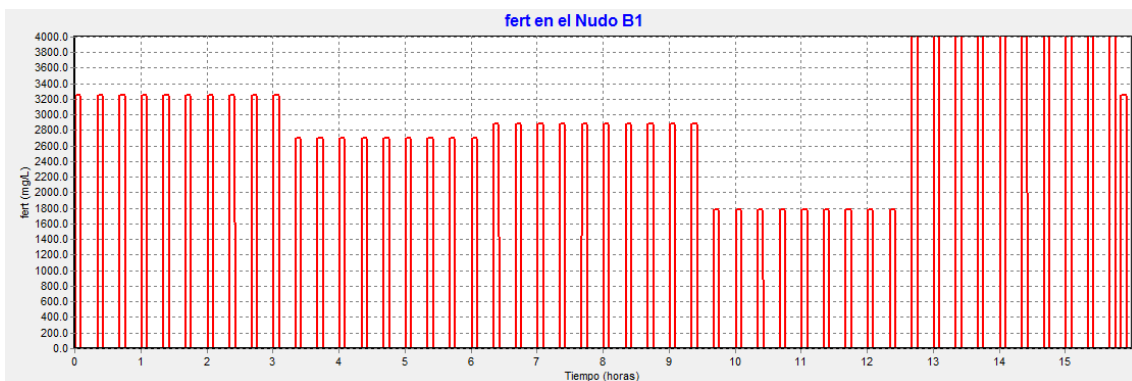


Figura 44. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 2

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

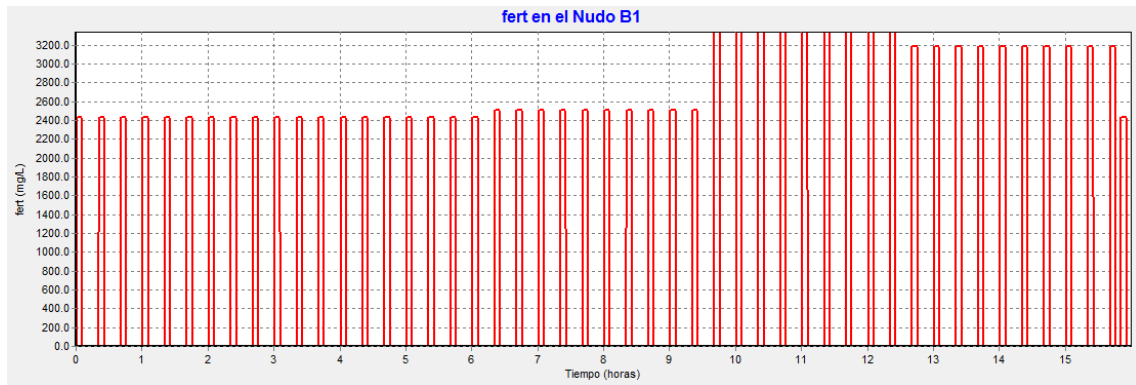


Figura 45. Evolución de la concentración en nudo B1, para el caso 3

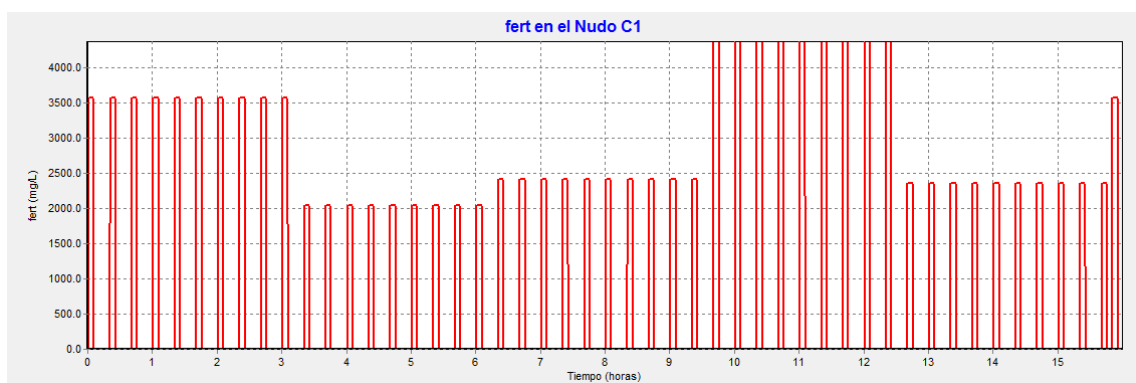


Figura 46. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 1

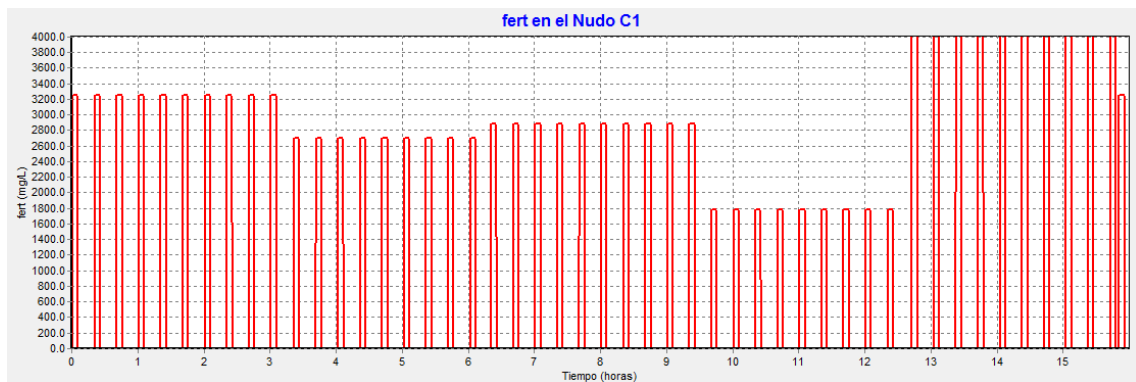


Figura 47. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 2

Análisis y mejora de la estación de bombeo e inyección de fertilizantes en la red de riego de Cova Santa (Picassent, Valencia)

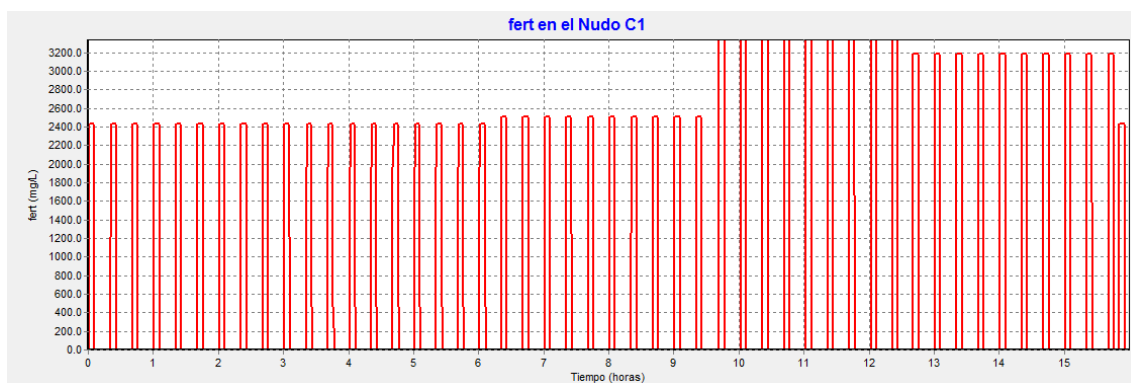


Figura 48. Evolución de la concentración en nudo C1, para el caso 3

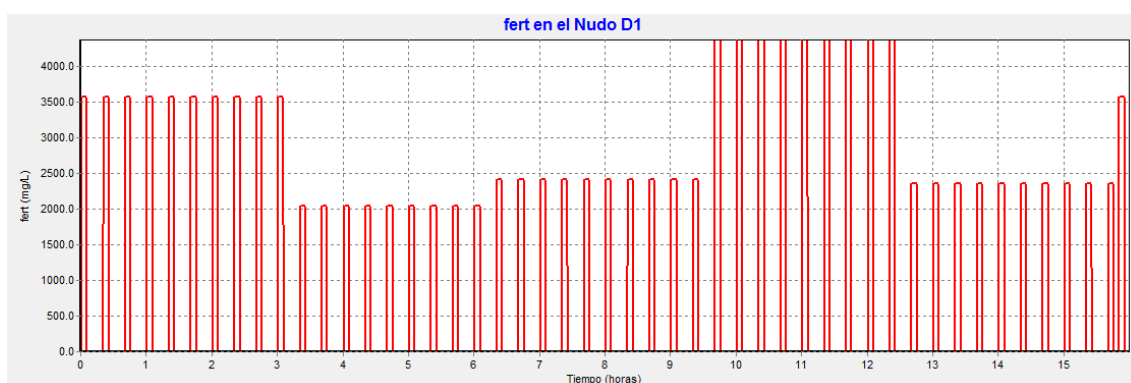


Figura 49. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 1

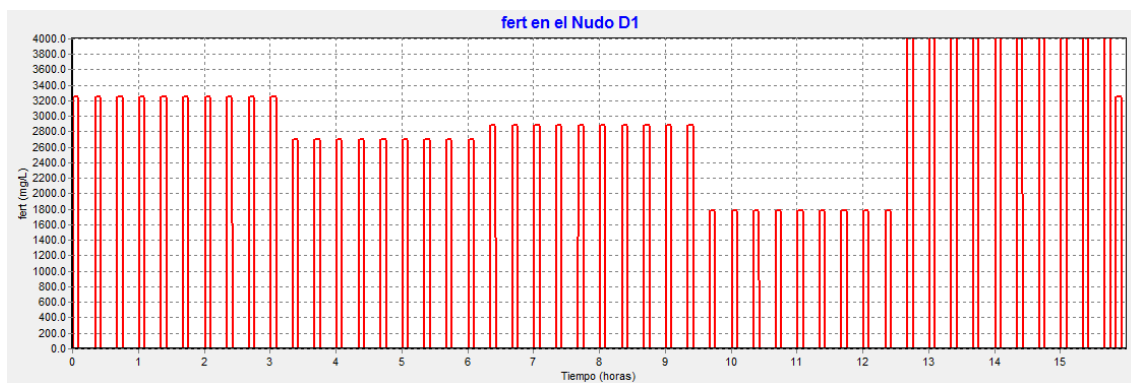


Figura 50. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 2

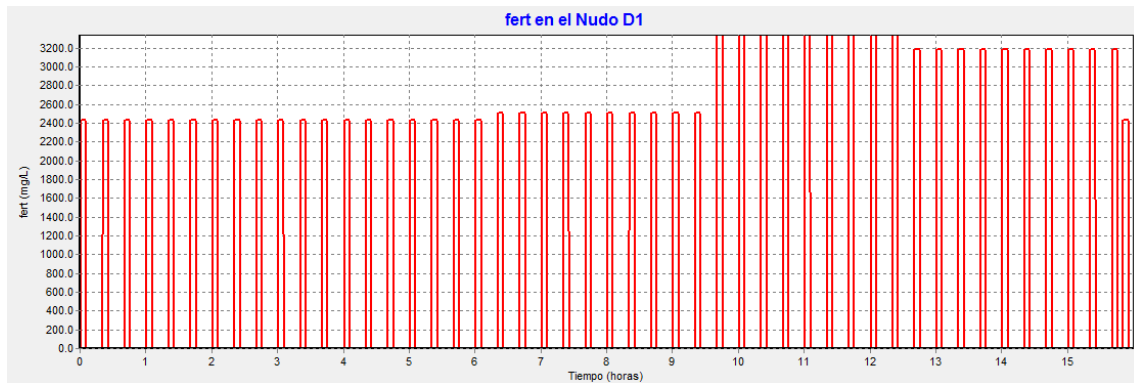


Figura 51. Evolución de la concentración en nudo D1, para el caso 3

Como puede observarse en los diferentes casos para el mismo nudo del resto de sectores, en general la concentración de fertilizante no se mantiene demasiado regular a lo largo del tiempo.

Lo interesante es poder conseguir una distribución mucho más uniforme en todo el tiempo de riego, es decir, que la concentración se mantenga en un valor más o menos constante, con el mínimo de fluctuaciones posibles.

Por tanto, sería aconsejable cambiar el sistema de inyección para mejorar estos resultados.

6. PROPUESTAS DE MEJORA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA RED

6.1. Funcionamiento energético

Según los resultados obtenidos en el análisis energético de la red, si se trabaja a la demanda se habría de obligar a que el funcionamiento de la red se concentrase en las horas económicas, para que de esta forma las bombas trabajaran en su mejor rendimiento.

Adicionalmente debe revisarse la consiga de los variadores de frecuencia, puesto que existe margen de mejora en el rendimiento de la instalación.

De otra manera, las bombas trabajarían de una forma mucho menos eficiente, consumiendo más energía y obteniendo un rendimiento muy bajo.

6.2. Funcionamiento hidráulico

6.2.1. Mejoras para funcionamiento por sectorización

Así pues, después de comprobar que no existían posibles errores en el modelo hidráulico realizado, se ha procedido a la solución más sencilla: **augmentar el diámetro nominal** de algunas de las tuberías del sector sobre el cual se han producido los problemas hasta conseguir una presión mínima de 20 mca en todos los nudos. Se ha minimizado el número de tuberías para conseguir un presupuesto lo más económico posible; posteriormente se habría de valorar el presupuesto de este cambio realizado, para ver si realmente es interesante o no desde el punto de vista económico.

Así pues, se ha llegado a la conclusión de que se debían aumentar los diámetros de los siguientes nudos: D6, D7, D8, D9 y D24. De esta manera, se vuelven a extraer los datos de la simulación cuando trabaja el sector 4 y comprobamos que todas las presiones se mantienen por encima de la de consigna (véase ANEJO, apartado 5.1.6).

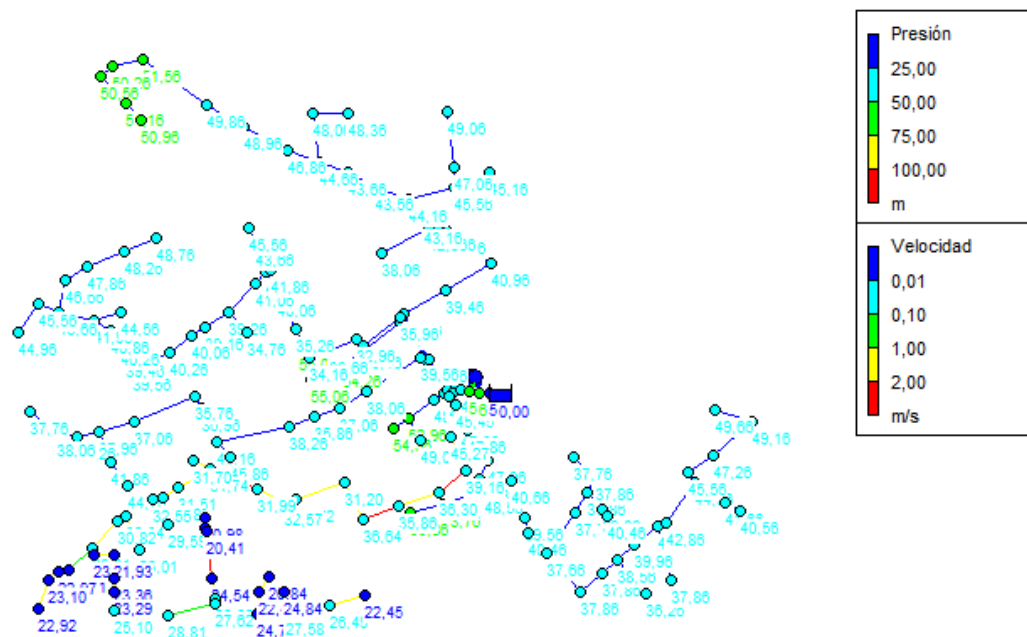


Figura 52. Cambio de presión y velocidad cuando trabaja sector 4

6.2.2. Mejoras para funcionamiento a demanda

En consonancia con el análisis energético, para el funcionamiento a demanda se ha propuesto la programación de la parada de la instalación en las horas más desfavorables. De esta manera, se aseguraría un correcto abastecimiento de todos los puntos de la red, dentro del rango requerido tanto de presión como de velocidad.

6.3. Funcionamiento de la calidad

Para la mejora de la distribución del fertilizante en cada una de las tomas, se ha propuesto el cambio de una bomba de pistón a una **bomba centrífuga con un variador de frecuencia conectado a un caudalímetro**. De esta manera, la inyección sería proporcional al caudal de riego, por lo que en teoría podría conseguirse una concentración más uniforme en todos los nudos de la red, además de que se adaptaría mucho mejor a la diferente demanda de riego para cada toma.

Esto también habría que valorarlo económicamente a través de un presupuesto, el cual se propondrá en el siguiente documento.

6.4. Valoración económica de las mejoras propuestas

Para el funcionamiento hidráulico será por tanto necesario la sustitución de las tuberías mencionadas anteriormente por otras con un diámetro mayor. Concretamente, las tuberías con diámetro nominal de 250mm pasan a ser de 315mm, mientras que la tubería de 160mm de diámetro nominal pasa a ser de 250mm. Así pues, el desmontaje y nuevo montaje de estas tuberías de PVC tendría un coste aproximado de **22.494,70 €**.

Para el funcionamiento de la distribución de fertilizante se ha llegado a la conclusión de que lo ideal sería sustituir la bomba de inyección tipo pistón por una bomba centrífuga con variador de frecuencia y conectada a un caudalímetro. Los costes de esta bomba serían aproximadamente de **23.048,16 €**.

Se podrá ver con más detalle en el siguiente documento la justificación de dichos costes.

7. CONCLUSIONES

Tras los realizados estudios y análisis, se puede considerar que efectivamente, se ha cumplido con el objetivo principal del trabajo, que era la mejora de las condiciones de riego del sistema.

Por una parte y en referencia a la eficiencia energética de las bombas empleadas, se ha llegado a la conclusión de que su rendimiento es superior cuando trabajan a alta demanda y girando por tanto a una velocidad mayor, por lo que habría que cambiar el valor de consigna del variador. Obtenidos sus puntos de funcionamiento óptimos, gracias a la expresión de la curva característica de dichas bombas, se ha propuesto la parada de las bombas en la instalación durante las horas más desfavorables, en las que el rendimiento es muy bajo. Por tanto, se conseguiría el mejor aprovechamiento de la potencia útil de las bombas.

Con respecto al análisis de los parámetros hidráulicos (presión y velocidad, principalmente), se han realizado dos estudios según se trabajaba por sector o bajo demanda. Para ello y gracias al modelo hidráulico elaborado con la herramienta informática de EPANET, se ha conseguido mejorar ambas metodologías de trabajo.

Para la instalación funcionando a partir de los 5 sectores de forma independiente, se ha llegado a la conclusión de que sería necesario cambiar el diámetro de las tuberías seleccionadas, si se quiere mantener una presión mínima de consigna de 20mca en todos los puntos de la red.

Por otra parte, con la red trabajando bajo demanda, la recomendación sería la misma que para la mejora desde el punto de vista energético, ya que trabajando a un caudal bajo, se obtienen velocidades y presiones inadecuadas en algunas tomas de la red, que podrían causar problemas como la deposición de sólidos en algunas de las tuberías.

Finalmente y en referencia al modelo de distribución y transporte del fertilizante, a partir del modelo de calidad realizado con la herramienta de EPANET, se puede concluir que se consigue una concentración más uniforme y adecuada en todas las tomas de la red utilizando el sistema original del proyecto, que se basaba en la distribución del fertilizante trabajando con cada sector por separado. No obstante, es posible una mejoría del sistema cambiando la técnica de inyección y sustituyendo la bomba de pistón por otra bomba centrífuga con un variador de frecuencia conectado a un caudalímetro, ya que se consigue que la concentración venga determinada por su proporción con el caudal demandado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- La fertirrigación como elemento clave de nuestra agricultura (2011). Extraído de: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/54666-La-fertirrigacion-como-elemento-clave-de-nuestra-agricultura.html>
- Riego por Goteo para el Cultivo de Cítricos (2016). Extraído de: <https://www.intagri.com/articulos/frutales/riego-por-goteo-para-el-cultivo-de-citricos>.
- Sectores y Características del Subcanal Margen Derecha (Canal Júcar-Turia, 2013). Extraído de: <http://www.canaljucarturia.com/derecha.html>
- C.Burt, K.O'Connor, T.Rueh (1998). "Fertigation; Irrigation Training and Research Center (ITRC)". California Polytechnic State University, San Luis Obispo (California).
- Miguel Ángel Jimenez Bello (2008). "Integración de los procesos agronómicos e hidráulicos del riego a presión en un entorno SIG para la gestión eficiente de Comunidades de Regantes". Tesis Doctoral.
- Analizador de energía y potencia C.A 8334B. Extraído de: <http://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/instrumento-de-electricidad/analizador-energia-ca-8334b.html>
- EPANET manual de usuario (2001). Extraído de: http://epanet.info/wp-content/uploads/2012/10/epanet2_manual.pdf
- Jaime Arviza Valverde, Ibán Balbastre Peralta (2001). "Redes colectivas de riego: problemática general, resolución de conflictos."
- Guadarrama-Flow (2017). "Caudalímetros para equipos industriales". Extraído de: <http://www.g-flow.com/caudalimetros>

ANEJOS

ANEJO 1. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED.....
ANEJO 2. DIÁMETROS NOMINALES TUBERÍAS PVC.....
ANEJO 3. DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS MEDICIONES.....
ANEJO 4. TÉCNICAS DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTE.....
ANEJO 5. TABLAS DE RESULTADOS HIDRÁULICOS.....

ANEJO 1. DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Sector 1

Linea	Nudo 1	Nudo 2	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad
1	N1	N2	20	235.4	0.020
2	N2	N3	111.3	103.6	0.020
3	N3	N4	132.3	84.6	0.020
4	N4	N5	120.7	70.6	0.020
5	N5	N6	58.4	59.2	0.020
6	N6	N7	38.6	46.4	0.020
7	N7	N8	107.9	46.4	0.020
8	N2	N9	9	235.4	0.020
9	N9	N10	30	117.6	0.020
10	N10	N11	70.6	84.6	0.020
11	N11	N12	45.5	59.2	0.020
12	N11	N13	65.7	46.4	0.020
13	N9	N14	32.3	188.2	0.020
14	N14	N15	58.6	188.2	0.020
15	N15	N16	23.8	188.2	0.020
16	N16	N17	89.4	188.2	0.020
17	N17	N18	47.4	188.2	0.020
18	N18	N19	29.2	188.2	0.020
19	N19	N20	72	188.2	0.020
20	N20	N21	94.1	188.2	0.020
21	N21	N22	30.2	150.6	0.020
22	N22	N23	65.9	150.6	0.020
23	N23	N24	105.9	150.6	0.020
24	N24	N25	60.8	150.6	0.020
25	N25	N26	43.3	150.6	0.020
26	N26	N27	49.8	131.8	0.020
27	N27	N28	60.5	131.8	0.020
28	N28	N29	17.2	131.8	0.020
29	N29	N30	104.5	131.8	0.020
30	N30	N31	21.4	59.2	0.020
31	N31	N32	61	59.2	0.020
32	N32	N33	101.8	59.2	0.020
33	N33	N34	75	59.2	0.020
34	N19	N35	99.6	46.4	0.020
35	N35	N36	82.7	46.4	0.020

36	N23	N37	105.7	117.6	0.020
37	N37	N38	51.8	103.6	0.020
38	N38	N39	38.4	84.6	0.020
39	N39	N40	69.3	84.6	0.020
40	N38	N41	48.1	59.2	0.020
41	N41	N42	18.5	59.2	0.020
42	N26	N43	89	84.6	0.020
43	N28	N44	111.6	70.6	0.020
44	N30	N45	72.6	117.6	0.020
45	N45	N46	32.1	70.6	0.020

Sector 2

Línea	Nudo 1	Nudo 2	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad
1	1	2	20	235.4	0.020
2	2	3	23	235.4	0.020
3	3	4	49	235.4	0.020
4	4	5	86.2	235.4	0.020
5	5	6	82.3	235.4	0.020
6	6	7	93.2	188.2	0.020
7	7	8	91,8	188.2	0.020
8	8	9	11	188.2	0.020
9	9	10	28.9	188.2	0.020
10	10	11	10.5	188.2	0.020
11	11	12	47.3	188.2	0.020
12	12	13	60.8	131.8	0.020
13	13	14	54.8	117.6	0.020
14	14	15	49.7	117.6	0.020
15	15	16	55.8	117.6	0.020
16	16	17	81.1	103.6	0.020
17	17	18	73.1	103.6	0.020
18	18	19	134.1	84.6	0.020
19	19	20	53.8	84.6	0.020
20	20	21	25.6	84.6	0.020
21	21	22	63.8	84.6	0.020
22	22	23	39.5	59.2	0.020
23	10	24	93.3	84.6	0.020
24	12	25	84.1	117.6	0.020
25	25	26	64.5	103.6	0.020

26	25	27	34	70.6	0.020
27	27	28	65.9	59.2	0.020
28	15	29	83.1	70.6	0.020
29	29	30	59.1	59.2	0.020

Sector 3

Linea	Nudo 1	Nudo 2	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad
1	1	2	20	188.2	0.020
2	2	3	158.2	188.2	0.020
3	3	4	89.5	188.2	0.020
4	4	5	19.6	188.2	0.020
5	5	6	51.5	188.2	0.020
6	6	7	48.8	188.2	0.020
7	7	8	68.2	188.2	0.020
8	8	9	88.2	150.6	0.020
9	9	10	50.9	150.6	0.020
10	10	11	34.1	150.6	0.020
11	11	12	87.9	150.6	0.020
12	12	13	60.2	150.6	0.020
13	13	14	40.5	150.6	0.020
14	14	15	65.2	150.6	0.020
15	15	16	98.9	131.8	0.020
16	16	17	25.2	131.8	0.020
17	17	18	35.2	117.6	0.020
18	18	19	30.5	117.6	0.020
19	19	20	45.2	117.6	0.020
20	20	21	80.3	103.6	0.020
21	21	22	50.2	70.6	0.020
22	22	23	85.3	70.6	0.020
23	10	24	9.7	59.2	0.020
24	24	25	64.3	59.2	0.020
25	25	26	39	46.4	0.020
26	12	27	59.2	70.6	0.020
27	20	28	130.5	84.6	0.020
28	21	29	80.3	70.6	0.020
29	29	30	70.2	70.6	0.020

30	30	31	75.3	70.6	0.020
31	31	32	83.2	70.6	0.020

Sector 4

Linea	Nudo 1	Nudo 2	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad
1	1	2	20	188.2	0.020
2	2	3	71.7	188.2	0.020
3	3	4	96.4	188.2	0.020
4	4	5	60.7	150.6	0.020
5	5	6	42.8	150.6	0.020
6	6	7	48.8	150.6	0.020
7	7	8	114.8	150.6	0.020
8	8	9	105.4	131.8	0.020
9	9	10	20.3	117.6	0.020
10	10	11	101.6	117.6	0.020
11	11	12	58.6	117.6	0.020
12	12	13	18.5	103.6	0.020
13	13	14	58.7	103.6	0.020
14	14	15	60.2	70.6	0.020
15	8	16	103.8	59.2	0.020
16	12	17	90.2	84.6	0.020
17	17	18	104.8	59.2	0.020

Sector 5

Linea	Nudo 1	Nudo 2	Longitud (m)	Diametro (mm)	Rugosidad
1	1	2	20	235.4	0.020
2	2	3	71.7	235.4	0.020
3	3	4	96.4	235.4	0.020
4	4	5	152.3	235.4	0.020
5	5	6	114.8	235.4	0.020
6	6	7	125.8	235.4	0.020
7	7	8	160.2	235.4	0.020
8	8	9	58.7	235.4	0.020
9	9	10	135.2	235.4	0.020
10	10	11	110.5	235.4	0.020
11	11	12	70.5	235.4	0.020
12	12	13	103.3	235.4	0.020
13	13	14	80.5	150.6	0.020
14	14	15	55.2	150.6	0.020
15	15	16	25.3	117.6	0.020
16	16	17	124	117.6	0.020
17	17	18	98.3	84.6	0.020
18	18	19	51.3	70.6	0.020
19	19	20	39.5	59.2	0.020
20	20	21	90.5	59.2	0.020
21	11	22	60.5	46.4	0.020
22	13	23	89.8	150.6	0.020
23	23	24	125.3	150.6	0.020
24	24	25	28.7	150.6	0.020
25	25	26	15.2	150.6	0.020
26	26	27	147.4	131.8	0.020
27	27	28	66.7	117.6	0.020
28	28	29	15.3	117.6	0.020
29	29	30	140.1	117.6	0.020
30	30	31	86.5	84.6	0.020
31	31	32	136.6	84.6	0.020
32	32	33	114	46.4	0.020
33	29	34	151.6	46.4	0.020
34	30	35	70.5	70.6	0.020
35	35	36	59.1	70.6	0.020
36	31	37	60.2	46.4	0.020
37	15	38	125.9	70.6	0.020
38	17	39	25.3	103.6	0.020

39	39	40	69.7	103.6	0.020
40	40	41	70.5	103.6	0.020
41	41	42	40.2	84.6	0.020
42	42	43	58.4	59.2	0.020

ANEJO 2. DIÁMETROS NOMINALES TUBERÍAS PVC

DN (mm)	DE (mm)	PN 0,4 Mpa		PN 0,6 Mpa		PN 1,0 Mpa		PN 1,6 Mpa	
		E (mm)	DI (mm)	e (mm)	DI (mm)	e (mm)	DI (mm)	e (mm)	DI (mm)
63	63			1,9	59,2	3,0	57,0	4,7	53,6
75	75			2,2	70,6	3,6	67,8	5,6	63,8
90	90			2,7	84,6	4,3	81,4	6,7	76,6
110	110			3,2	103,6	5,3	99,4	8,2	93,6
125	125			3,7	117,6	6,0	113,0	9,3	106,4
140	140			4,1	131,8	6,7	126,6	10,4	119,2
160	160	3,2	153,6	4,7	150,6	7,7	144,6	11,9	136,2
180	180	3,6	172,8	5,3	169,4	8,6	162,8	13,4	153,2
200	200	4,0	192,0	5,9	188,2	9,6	180,8	14,8	170,4
250	250	4,9	240,2	7,3	235,4	11,9	226,2	18,5	213,0
315	315	6,2	302,6	9,2	296,6	15,0	285,0	23,4	268,2
400	400	7,9	384,2	11,7	376,6	19,1	361,8	29,7	340,6
500	500	9,8	480,4	14,6	470,8	23,9	452,2		
630	630	12,4	605,2	18,4	593,2				

Diámetros normalizados de PVC junta elástica

ANEJO 3. DATOS OBTENIDOS A PARTIR DE LAS MEDICIONES

3.1. Resultados hidráulicos

Sector 1

Nudos	Cota (m)	Dremanda (L/s)
N1	63	0
N2	63,1	0
N3	63,6	1,61
N4	62	4,82
N5	56,4	5,26
N6	54,2	1,73
N7	53,4	0
N8	53,4	2,02
N9	62,3	0
N10	60	11,84
N11	55,5	4,16
N12	54,1	5,54
N13	59,4	2,77
N14	61,6	2,8
N15	60,8	0
N16	60,6	0
N17	60,5	4,09
N18	60,1	0
N19	59,9	0
N20	67,8	0
N21	68,9	5,54
N22	68	0
N23	70,8	2,3
N24	70,6	2,14
N25	70,6	1,04
N26	69,9	0
N27	68,5	3,59
N28	65,8	0
N29	65,6	1,95
N30	63,9	0
N31	62,9	0
N32	61,2	1,67
N33	59,3	0
N34	58,8	1,95
N35	54,7	1,58
N36	52,6	1,58
N37	70,7	3,87
N38	70,6	0
N39	70,6	0

N40	70,7	7,24
N41	69,4	1,23
N42	68	0,82
N43	72,2	2,71
N44	70,6	0,82
N45	66,8	7,65
N46	67,9	4,44

Sector 2

Nudos	Cota (m)	Dremanda (L/s)
N1	63	0
N2	63,1	0
N3	64,6	1,13
N4	68,9	4,44
N5	72,5	3,24
N6	69	4
N7	67,5	1,7
N8	65,7	5,32
N9	65,7	0
N10	65,6	0
N11	65,3	0
N12	64,3	2,74
N13	64,9	4,13
N14	64,8	4,85
N15	63,8	2,27
N16	61,6	2,8
N17	59,5	2,52
N18	58,6	1,83
N19	56,9	0
N20	58,2	0
N21	57,9	0
N22	57,3	4,03
N23	57,5	2,27
N24	70,4	3,87
N25	62,9	0
N26	63,3	15,15
N27	61,4	4,6
N28	59,4	4,38
N29	60,4	4,98
N30	60,1	1,51

Sector 3

Nudos	Cota (m)	Dremanda (L/s)
N1	63	0
N2	63,1	0
N3	72,5	0
N4	75,3	0
N5	75,5	0
N6	74,8	3,65
N7	74,3	3,37
N8	73,2	4,09
N9	68,4	3,72
N10	66,6	0
N11	67,4	1,64
N12	69,2	4,09
N13	69,3	0
N14	68,4	0
N15	68,2	6,87
N16	68,9	0
N17	69	0,79
N18	68,2	0
N19	67,6	0
N20	66,5	3,34
N21	64,8	0
N22	62,9	0
N23	63,5	4,5
N24	66,6	0
N25	64,8	4,13
N26	62,9	2,24
N27	73,7	3,43
N28	63,9	6,27
N29	61,8	0
N30	60,6	0
N31	60,2	3,46
N32	59,7	2,74

Sector 4

Nudos	Cota (m)	Dremanda (L/s)
N1	63	0
N2	63,1	0
N3	68,9	0
N4	70,4	1,61
N5	71,4	0
N6	72,6	0
N7	70,2	7,12
N8	67,3	4,72
N9	71,5	3,56
N10	72,7	0
N11	71,4	3,56
N12	70,5	0
N13	70,2	0
N14	70,4	7,75
N15	70,7	2,39
N16	62,6	6,17
N17	66,6	5,7
N18	63,7	2,77

Sector 5

Nudos	Cota (m)	Dremanda (L/s)
N1	63	0
N2	63,1	0
N3	68,9	0
N4	70,4	0
N5	70,2	0
N6	67,8	0
N7	72,7	0
N8	70,5	0
N9	70,4	0
N10	70,4	0
N11	69,1	5,89
N12	68,5	7,4
N13	66,6	0
N14	66,2	5,39
N15	66,6	5,07

N16	67,2	0
N17	69,7	0
N18	70,9	1,95
N19	70,9	0
N20	69,6	0
N21	67,1	3,56
N22	66,2	2,43
N23	69,1	1,64
N24	74,6	0
N25	74,9	4,95
N26	74,8	4,13
N27	66,4	9,64
N28	62,5	5,73
N29	61,5	0
N30	62,7	2,2
N31	58,1	0
N32	57,6	3,53
N33	57,7	2,02
N34	60	0,41
N35	63,8	0
N36	64,5	4,06
N37	59	1,89
N38	68,8	6,55
N39	70,7	2,8
N40	71,3	0
N41	68,7	2,02
N42	67,5	6,24
N43	64,2	3,28

3.2. Resultados energéticos.

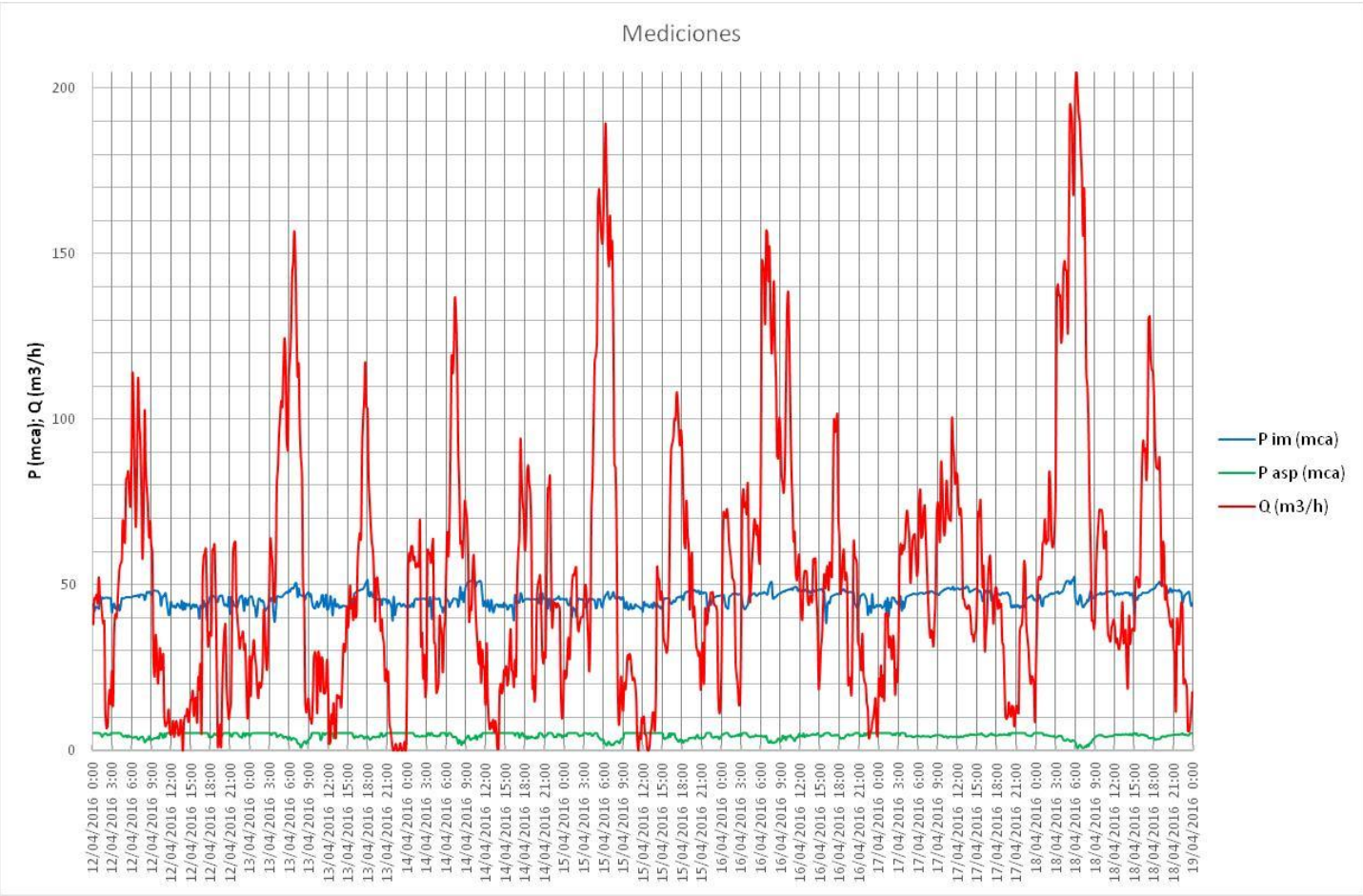


Gráfico de presiones y caudal en el cabezal

ANEJO 4. TÉCNICAS DE INYECCIÓN DE FERTILIZANTE

4.1. Venturi

Los Venturis son comúnmente usados para fertirrigación debido a su simplicidad. Están fabricados usualmente con materiales inertes, y no tienen partes móviles. Como inyectan además productos químicos a una razón constante (en contraposición al pulso hallado en bombas de pistón y diafragma), pueden ser calibrados de forma sencilla con los medidores de flujo en línea.

Por otra parte, los venturis no constituyen por sí mismos un sistema de inyección; deben ser configurados con todo hardware de soporte requerido. Algunas empresas venden unidades completas que pueden incluir una bomba de bypass, un dispositivo de calibración, un medidor de corriente, válvulas de retención, etc.

4.2. Válvulas de flotación

Las válvulas de flotación llevan varios años utilizándose para la inyección de sustancias químicas en canales y permaneciendo abiertas, la baja presión de la tubería se mantiene sin la necesidad de una bomba de inyección.

La flotación, instalada dentro de un recipiente de plástico, mantiene una presión constante en contra del ajuste de la válvula incluso si la presión dentro de la válvula de flotación cambia. Conforme el tanque de suministro se vacía, el caudal de descarga permanece constante.

Normalmente las válvulas de flotación son utilizadas para inyectar sustancias químicas en un sistema de riego a presión, colocando los ensamblajes sobre un canal o suministro de agua, aguas arriba de la bomba de refuerzo. De esta manera, se obtiene un método muy simple y económico para inyectar productos químicos en un sistema a presión, siempre y cuando la bomba de refuerzo sea el destino final del agua superficial.

Muchos de las válvulas de flotación comerciales están construidas a partir de materiales inertes y permiten la mayoría de los químicos inyectados en este tipo de procesos.

4.3. Tanque de presión diferencial

No hay demasiadas razones para utilizar este método como inyector de fertilizante. Los tanques de presión diferencial suelen ser bastante caros, potencialmente peligrosos (si una persona abre la tapa mientras el tanque está bajo presión), muy pequeños e incapacitados para inyectar una sustancia química a velocidad constante. El ritmo con el que el químico es liberado del tanque decrece con el tiempo, mientras en el tanque la mezcla se vuelve más diluida con el agua.

4.4. Bombas alimentadas de N₂ gas

Estas bombas son frecuentemente utilizadas en algunas zonas debido a su simplicidad y bajo coste. La potencia del gas nitrógeno (o aire comprimido) es parecida a la de una pequeña bomba

de diafragma, que puede inyectar sustancias químicas líquidas en un sistema de riego. Este gas no es un surtidor de fertilizante.

La sustancia es almacenada en un recipiente despresurizado.

Este tipo de inyección es ideal en los casos en los que se necesita un sistema portátil y una inyección segura, ya que no hay un suministro eléctrico en el lugar de inyección.

4.5. Tanques presurizados de N₂

Algunos cultivadores utilizan una baja presión para forzar a las sustancias químicas líquidas a salir de un tanque portátil. El tanque ha de ser capaz de mantener la seguridad resistiendo así mismo la presión en él (generalmente menos de 10 psi) y debe estar equipado con una potente válvula de alivio de presión para prevenir explosiones en el tanque debido a una sobre presión accidental. Desde que el punto de control de descarga del flujo cambia conforme el tanque se vacía, los cultivadores normalmente utilizan una válvula de flotación al final de la manguera para regular el flujo de fertilizante. Por tanto, es un método que conviene para inyectar sustancias químicas con la tapa abierta en una tubería vertical de riego.

4.6. Bombas de agua

Hay varios diseños de las bombas de agua. Los primeros diseños usaban un propulsor (turbina) en las tuberías para alimentar la bomba. Por otra parte, los diseños actuales usan un pequeño porcentaje del agua de riego para alimentar una bomba de pistón o diafragma. Básicamente, un motor de agua alimenta la bomba, en vez de un motor eléctrico.

El agua de riego, que conduce la acción de la bomba, debe ser descargada hacia la atmósfera, Esto conlleva a que aparezcan problemas de eliminación de residuos en algunas localizaciones.

Los productos químicos que están siendo inyectados nunca contactan con el agua, ya que las bombas son perfectamente capaces de inyectar la sustancia directamente en la tubería presurizada de riego.

Sus diferencias son mayores en cuanto a su construcción y complejidad entre varios modelos. Algunas tienen pequeños agujeros que pueden ser fáciles de contaminar o bloquear con agua sucia; otras necesitan una frecuente lubricación con grasa, y algunos diseños también requieren diferentes cantidades de agua para que funcionen correctamente.

4.7. Bombas de diafragma

Las bombas de diafragma suelen estar alimentadas normalmente por motores eléctricos, pero también pueden ser accionadas mediante correa o alimentadas por pequeñas máquinas de gasolina. La principal ventaja que tienen respecto a las de pistón es que son mucho más fáciles de ajustar mientras la bomba está operando.

Algunas bombas de diafragma no pueden mantener un flujo constante de descarga si la presión de descarga varía significativamente. Por tanto, no es la elección ideal si se quiere una inyección constante de químico y la presión de riego va variando.

Por otra parte, los materiales de los que están fabricadas estas bombas, deben ser seleccionados con cuidado para que sean compatibles con los productos químicos que se deseen inyectar. También deben ser limpiadas después de cada uso, y generalmente necesitan revisarse con frecuencia.

4.8. Bombas de pistón

En términos de potencia y mantenimiento, las bombas de pistón tienen las mismas características que las de diafragma. La gran ventaja de las bombas de pistón es que debido a su desplazamiento positivo, el flujo de descarga no cambia a pesar de que la presión en la tubería varíe.

Por otra parte, su mayor inconveniente es que la velocidad del flujo no puede ajustarse mientras la bomba está funcionando.

4.9. Inyectores Gypsum

Este tipo de inyectores han cobrado importancia recientemente en los sistemas de riego y se ha utilizado en algunos diseños.

Todos estos inyectores están constituidos por un agitador en un tanque, combinado con una bomba de inyección. Generalmente están alimentados con energía eléctrica.

Además, los cultivadores se han encontrado con que estos inyectores son útiles para mezclar e inyectar un elevado rango de fertilizantes sólidos.

Para elegir este método, deben tenerse en cuenta los aspectos siguientes:

- Velocidad de inyección
- Facilidad de carga
- Capacidad
- Garantía de piezas y mano de obra
- Capacidad de mantener una elevada consistencia en la inyección del producto químico o del estiércol líquido.
- Disponibilidad de servicio

4.10. Generadores de SO₂

Durante varias décadas se han utilizado los generadores de dióxido de azufre, ya que son básicamente, creadores de ácido. Se basan en quemar sulfuro para crear un ácido débil (H₂SO₃). Principalmente, se han utilizado para reducir concentraciones de carbonato y bicarbonato en agua y de esta manera mejorar la infiltración del agua en la tierra.

Sus principales problemas están asociados con los residuos provocados por el sulfuro (en cuyo caso, la escoria puede crearse en el fondo del quemador) y con las emisiones de SO₂ durante la puesta en marcha y la parada. El SO₂ es un gas extremadamente tóxico si se inhala, con lo cual debe prestarse mucha atención a este aspecto a la hora de seleccionar este tipo de máquina.

ANEJO 5. TABLAS DE RESULTADOS

5.1. Resultados hidráulicos por sectorización

Sector 1 trabajando

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	109.64	46.64
Conexión N2	109.64	46.54
Conexión N3	109.64	46.04
Conexión N4	109.64	47.64
Conexión N5	109.64	53.24
Conexión N6	109.64	55.44
Conexión N7	109.64	56.24
Conexión N8	109.64	56.24
Conexión N9	109.64	47.34
Conexión N10	109.64	49.64
Conexión N11	109.64	54.14
Conexión N12	109.64	55.54
Conexión N13	109.64	50.24
Conexión N14	109.64	48.04
Conexión N15	109.64	48.84
Conexión N16	109.64	49.04
Conexión N17	109.64	49.14
Conexión N18	109.64	49.54
Conexión N19	109.64	49.74
Conexión N20	109.64	41.84
Conexión N21	109.64	40.74
Conexión N22	109.64	41.64
Conexión N23	109.64	38.84
Conexión N24	109.64	39.04
Conexión N25	109.64	39.04
Conexión N26	109.64	39.74
Conexión N27	109.64	41.14
Conexión N28	109.64	43.84
Conexión N29	109.64	44.04
Conexión N30	109.64	45.74
Conexión N31	109.64	46.74
Conexión N32	109.64	48.44
Conexión N33	109.64	50.34
Conexión N34	109.64	50.84
Conexión N35	109.64	54.94
Conexión N36	109.64	57.04
Conexión N37	109.64	38.94

Conexión N38	109.64	39.04
Conexión N39	109.64	39.04
Conexión N40	109.64	38.94
Conexión N41	109.64	40.24
Conexión N42	109.64	41.64
Conexión N43	109.64	37.44
Conexión N44	109.64	39.04
Conexión N45	109.64	42.84
Conexión N46	109.64	41.74
Conexión A1	109.64	46.64
Conexión A2	109.42	46.32
Conexión A3	109.16	44.56
Conexión A4	108.63	39.73
Conexión A5	107.79	35.29
Conexión A6	107.05	38.05
Conexión A7	104.78	37.28
Conexión A8	102.65	36.95
Conexión A9	102.43	36.73
Conexión A10	101.86	36.26
Conexión A11	101.67	36.37
Conexión A12	100.83	36.53
Conexión A13	98.88	33.98
Conexión A14	96.50	31.70
Conexión A15	95.01	31.21
Conexión A16	94.35	32.75
Conexión A17	93.19	33.69
Conexión A18	92.55	33.95
Conexión A19	90.58	33.68
Conexión A20	89.79	31.59
Conexión A21	89.42	31.52
Conexión A22	88.48	31.18
Conexión A23	87.97	30.47
Conexión A24	101.29	30.89
Conexión A25	97.89	34.99
Conexión A26	96.12	32.82
Conexión A27	95.54	34.14
Conexión A28	92.68	33.28
Conexión A29	91.87	31.47
Conexión A30	91.50	31.40
Conexión B1	109.64	46.64
Conexión B2	109.64	46.54
Conexión B3	109.64	37.14
Conexión B4	109.64	34.34
Conexión B5	109.64	34.14
Conexión B6	109.64	34.84

Conexión B7	109.64	35.34
Conexión B8	109.64	36.44
Conexión B9	109.64	41.24
Conexión B10	109.64	43.04
Conexión B11	109.64	42.24
Conexión B12	109.64	40.44
Conexión B13	109.64	40.34
Conexión B14	109.64	41.24
Conexión B15	109.64	41.44
Conexión B16	109.64	40.74
Conexión B17	109.64	40.64
Conexión B18	109.64	41.44
Conexión B19	109.64	42.04
Conexión B20	109.64	43.14
Conexión B21	109.64	44.84
Conexión B22	109.64	46.74
Conexión B23	109.64	46.14
Conexión B24	109.64	43.04
Conexión B25	109.64	44.84
Conexión B26	109.64	46.74
Conexión B27	109.64	35.94
Conexión B28	109.64	45.74
Conexión B29	109.64	47.84
Conexión B30	109.64	49.04
Conexión B31	109.64	49.44
Conexión B32	109.64	49.94
Conexión C1	109.64	46.64
Conexión C2	109.64	46.54
Conexión C3	109.64	40.74
Conexión C4	109.64	39.24
Conexión C5	109.64	38.24
Conexión C6	109.64	37.04
Conexión C7	109.64	39.44
Conexión C8	109.64	42.34
Conexión C9	109.64	38.14
Conexión C10	109.64	36.94
Conexión C11	109.64	38.24
Conexión C12	109.64	39.14
Conexión C13	109.64	39.44
Conexión C14	109.64	39.24
Conexión C15	109.64	38.94
Conexión C16	109.64	47.04
Conexión C17	109.64	43.04
Conexión C18	109.64	45.94
Conexión 1	109.64	46.64

Conexión D1	109.64	46.64
Conexión D2	109.64	46.54
Conexión D3	109.64	40.74
Conexión D4	109.64	39.24
Conexión D5	109.64	39.44
Conexión D6	109.64	41.84
Conexión D7	109.64	36.94
Conexión D8	109.64	39.14
Conexión D9	109.64	39.24
Conexión D10	109.64	39.24
Conexión D11	109.64	40.54
Conexión D12	109.64	41.14
Conexión D13	109.64	43.04
Conexión D14	109.64	43.44
Conexión D15	109.64	43.04
Conexión D16	109.64	42.44
Conexión D17	109.64	39.94
Conexión D18	109.64	38.74
Conexión D19	109.64	38.74
Conexión D20	109.64	40.04
Conexión D21	109.64	42.54
Conexión D22	109.64	43.44
Conexión D23	109.64	40.54
Conexión D24	109.64	35.04
Conexión D25	109.64	34.74
Conexión D26	109.64	34.84
Conexión D27	109.64	43.24
Conexión D28	109.64	47.14
Conexión D29	109.64	48.14
Conexión D30	109.64	46.94
Conexión D31	109.64	51.54
Conexión D32	109.64	52.04
Conexión D33	109.64	51.94
Conexión D34	109.64	49.64
Conexión D35	109.64	45.84
Conexión D36	109.64	45.14
Conexión D37	109.64	50.64
Conexión D38	109.64	40.84
Conexión D39	109.64	38.94
Conexión D40	109.64	38.34
Conexión D41	109.64	40.94
Conexión D42	109.64	42.14
Conexión D43	109.64	45.44

Altura y presión en nudos con Sector 1 trabajando

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00

Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00
Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	81.76	1.88
Tubería Tub202	81.76	1.88
Tubería Tub203	80.63	1.85
Tubería Tub204	76.19	1.75
Tubería Tub205	72.95	1.68
Tubería Tub206	68.95	2.48
Tubería Tub207	67.25	2.42
Tubería Tub208	61.93	2.23
Tubería Tub209	61.93	2.23
Tubería Tub210	58.06	2.09
Tubería Tub211	58.06	2.09
Tubería Tub212	31.19	2.29
Tubería Tub213	27.06	2.49
Tubería Tub214	22.21	2.04
Tubería Tub215	13.45	1.24
Tubería Tub216	10.65	1.26
Tubería Tub217	8.13	0.96
Tubería Tub218	6.30	1.12
Tubería Tub219	6.30	1.12
Tubería Tub220	6.30	1.12
Tubería Tub221	6.30	1.12
Tubería Tub222	2.27	0.82
Tubería Tub223	3.87	0.69
Tubería Tub224	24.13	2.22
Tubería Tub225	15.15	1.80
Tubería Tub226	8.98	2.29
Tubería Tub227	4.38	1.59
Tubería Tub228	6.49	1.66
Tubería Tub229	1.51	0.55
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00

Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00
Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00

Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	81.76	0.42
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00

Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 1 trabajando

Sector 2 trabajando

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	111.76	48.76
Conexión N2	111.76	48.66
Conexión N3	111.76	48.16
Conexión N4	111.76	49.76
Conexión N5	111.76	55.36
Conexión N6	111.76	57.56
Conexión N7	111.76	58.36
Conexión N8	111.76	58.36
Conexión N9	111.76	49.46
Conexión N10	111.76	51.76
Conexión N11	111.76	56.26
Conexión N12	111.76	57.66
Conexión N13	111.76	52.36
Conexión N14	111.76	50.16
Conexión N15	111.76	50.96
Conexión N16	111.76	51.16
Conexión N17	111.76	51.26
Conexión N18	111.76	51.66
Conexión N19	111.76	51.86
Conexión N20	111.76	43.96
Conexión N21	111.76	42.86
Conexión N22	111.76	43.76
Conexión N23	111.76	40.96
Conexión N24	111.76	41.16
Conexión N25	111.76	41.16
Conexión N26	111.76	41.86
Conexión N27	111.76	43.26

Conexión N28	111.76	45.96
Conexión N29	111.76	46.16
Conexión N30	111.76	47.86
Conexión N31	111.76	48.86
Conexión N32	111.76	50.56
Conexión N33	111.76	52.46
Conexión N34	111.76	52.96
Conexión N35	111.76	57.06
Conexión N36	111.76	59.16
Conexión N37	111.76	41.06
Conexión N38	111.76	41.16
Conexión N39	111.76	41.16
Conexión N40	111.76	41.06
Conexión N41	111.76	42.36
Conexión N42	111.76	43.76
Conexión N43	111.76	39.56
Conexión N44	111.76	41.16
Conexión N45	111.76	44.96
Conexión N46	111.76	43.86
Conexión A1	111.76	48.76
Conexión A2	111.76	48.66
Conexión A3	111.76	47.16
Conexión A4	111.76	42.86
Conexión A5	111.76	39.26
Conexión A6	111.76	42.76
Conexión A7	111.76	44.26
Conexión A8	111.76	46.06
Conexión A9	111.76	46.06
Conexión A10	111.76	46.16
Conexión A11	111.76	46.46
Conexión A12	111.76	47.46
Conexión A13	111.76	46.86
Conexión A14	111.76	46.96
Conexión A15	111.76	47.96
Conexión A16	111.76	50.16
Conexión A17	111.76	52.26
Conexión A18	111.76	53.16
Conexión A19	111.76	54.86
Conexión A20	111.76	53.56
Conexión A21	111.76	53.86
Conexión A22	111.76	54.46
Conexión A23	111.76	54.26
Conexión A24	111.76	41.36
Conexión A25	111.76	48.86
Conexión A26	111.76	48.46

Conexión A27	111.76	50.36
Conexión A28	111.76	52.36
Conexión A29	111.76	51.36
Conexión A30	111.76	51.66
Conexión B1	111.76	48.76
Conexión B2	111.40	48.30
Conexión B3	108.58	36.08
Conexión B4	106.98	31.68
Conexión B5	106.63	31.13
Conexión B6	105.71	30.91
Conexión B7	104.94	30.64
Conexión B8	103.98	30.78
Conexión B9	100.79	32.39
Conexión B10	99.21	32.61
Conexión B11	98.42	31.02
Conexión B12	96.56	27.36
Conexión B13	95.74	26.44
Conexión B14	95.19	26.79
Conexión B15	94.30	26.10
Conexión B16	92.77	23.87
Conexión B17	92.37	23.37
Conexión B18	91.48	23.28
Conexión B19	90.71	23.11
Conexión B20	89.56	23.06
Conexión B21	88.40	23.60
Conexión B22	87.44	24.54
Conexión B23	85.80	22.30
Conexión B24	98.36	31.76
Conexión B25	92.76	27.96
Conexión B26	91.13	28.23
Conexión B27	95.86	22.16
Conexión B28	87.66	23.76
Conexión B29	85.62	23.82
Conexión B30	83.18	22.58
Conexión B31	80.57	20.37
Conexión B32	79.93	20.23
Conexión C1	111.76	48.76
Conexión C2	111.76	48.66
Conexión C3	111.76	42.86
Conexión C4	111.76	41.36
Conexión C5	111.76	40.36
Conexión C6	111.76	39.16
Conexión C7	111.76	41.56
Conexión C8	111.76	44.46
Conexión C9	111.76	40.26

Conexión C10	111.76	39.06
Conexión C11	111.76	40.36
Conexión C12	111.76	41.26
Conexión C13	111.76	41.56
Conexión C14	111.76	41.36
Conexión C15	111.76	41.06
Conexión C16	111.76	49.16
Conexión C17	111.76	45.16
Conexión C18	111.76	48.06
Conexión 1	111.76	48.76
Conexión D1	111.76	48.76
Conexión D2	111.76	48.66
Conexión D3	111.76	42.86
Conexión D4	111.76	41.36
Conexión D5	111.76	41.56
Conexión D6	111.76	43.96
Conexión D7	111.76	39.06
Conexión D8	111.76	41.26
Conexión D9	111.76	41.36
Conexión D10	111.76	41.36
Conexión D11	111.76	42.66
Conexión D12	111.76	43.26
Conexión D13	111.76	45.16
Conexión D14	111.76	45.56
Conexión D15	111.76	45.16
Conexión D16	111.76	44.56
Conexión D17	111.76	42.06
Conexión D18	111.76	40.86
Conexión D19	111.76	40.86
Conexión D20	111.76	42.16
Conexión D21	111.76	44.66
Conexión D22	111.76	45.56
Conexión D23	111.76	42.66
Conexión D24	111.76	37.16
Conexión D25	111.76	36.86
Conexión D26	111.76	36.96
Conexión D27	111.76	45.36
Conexión D28	111.76	49.26
Conexión D29	111.76	50.26
Conexión D30	111.76	49.06
Conexión D31	111.76	53.66
Conexión D32	111.76	54.16
Conexión D33	111.76	54.06
Conexión D34	111.76	51.76
Conexión D35	111.76	47.96

Conexión D36	111.76	47.26
Conexión D37	111.76	52.76
Conexión D38	111.76	42.96
Conexión D39	111.76	41.06
Conexión D40	111.76	40.46
Conexión D41	111.76	43.06
Conexión D42	111.76	44.26
Conexión D43	111.76	47.56

Altura y presión en nudos con Sector 2 trabajando

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00

Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00
Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	58.33	2.10
Tubería Tub2022	58.33	2.10
Tubería Tub2023	58.33	2.10

Tubería Tub2024	58.33	2.10
Tubería Tub2025	58.33	2.10
Tubería Tub2026	54.68	1.97
Tubería Tub2027	51.31	1.84
Tubería Tub2028	47.22	2.65
Tubería Tub2029	43.50	2.44
Tubería Tub20210	37.13	2.08
Tubería Tub20211	35.49	1.99
Tubería Tub20212	27.97	1.57
Tubería Tub20213	27.97	1.57
Tubería Tub20214	27.97	1.57
Tubería Tub20215	21.10	1.55
Tubería Tub20216	21.10	1.55
Tubería Tub20217	20.31	1.87
Tubería Tub20218	20.31	1.87
Tubería Tub20219	20.31	1.87
Tubería Tub20220	10.70	1.27
Tubería Tub20221	4.50	1.15
Tubería Tub20222	4.50	1.15
Tubería Tub20223	6.37	2.31
Tubería Tub20224	6.37	2.31
Tubería Tub20225	2.24	1.32
Tubería Tub20226	3.43	0.88
Tubería Tub20227	6.27	1.12
Tubería Tub20228	6.20	1.58
Tubería Tub20229	6.20	1.58
Tubería Tub20230	6.20	1.58
Tubería Tub20231	2.74	0.70
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00

Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	58.33	0.30
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00

Tubería Tub4042	0.00	0.00
------------------------	------	------

Caudal y velocidad en líneas con Sector 2 trabajando

Sector 3 trabajando

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	113.38	50.38
Conexión N2	113.38	50.28
Conexión N3	113.38	49.78
Conexión N4	113.38	51.38
Conexión N5	113.38	56.98
Conexión N6	113.38	59.18
Conexión N7	113.38	59.98
Conexión N8	113.38	59.98
Conexión N9	113.38	51.08
Conexión N10	113.38	53.38
Conexión N11	113.38	57.88
Conexión N12	113.38	59.28
Conexión N13	113.38	53.98
Conexión N14	113.38	51.78
Conexión N15	113.38	52.58
Conexión N16	113.38	52.78
Conexión N17	113.38	52.88
Conexión N18	113.38	53.28
Conexión N19	113.38	53.48
Conexión N20	113.38	45.58
Conexión N21	113.38	44.48
Conexión N22	113.38	45.38
Conexión N23	113.38	42.58
Conexión N24	113.38	42.78
Conexión N25	113.38	42.78
Conexión N26	113.38	43.48
Conexión N27	113.38	44.88
Conexión N28	113.38	47.58
Conexión N29	113.38	47.78
Conexión N30	113.38	49.48
Conexión N31	113.38	50.48
Conexión N32	113.38	52.18
Conexión N33	113.38	54.08
Conexión N34	113.38	54.58
Conexión N35	113.38	58.68
Conexión N36	113.38	60.78

Conexión N37	113.38	42.68
Conexión N38	113.38	42.78
Conexión N39	113.38	42.78
Conexión N40	113.38	42.68
Conexión N41	113.38	43.98
Conexión N42	113.38	45.38
Conexión N43	113.38	41.18
Conexión N44	113.38	42.78
Conexión N45	113.38	46.58
Conexión N46	113.38	45.48
Conexión A1	113.38	50.38
Conexión A2	113.38	50.28
Conexión A3	113.38	48.78
Conexión A4	113.38	44.48
Conexión A5	113.38	40.88
Conexión A6	113.38	44.38
Conexión A7	113.38	45.88
Conexión A8	113.38	47.68
Conexión A9	113.38	47.68
Conexión A10	113.38	47.78
Conexión A11	113.38	48.08
Conexión A12	113.38	49.08
Conexión A13	113.38	48.48
Conexión A14	113.38	48.58
Conexión A15	113.38	49.58
Conexión A16	113.38	51.78
Conexión A17	113.38	53.88
Conexión A18	113.38	54.78
Conexión A19	113.38	56.48
Conexión A20	113.38	55.18
Conexión A21	113.38	55.48
Conexión A22	113.38	56.08
Conexión A23	113.38	55.88
Conexión A24	113.38	42.98
Conexión A25	113.38	50.48
Conexión A26	113.38	50.08
Conexión A27	113.38	51.98
Conexión A28	113.38	53.98
Conexión A29	113.38	52.98
Conexión A30	113.38	53.28
Conexión B1	113.38	50.38
Conexión B2	113.38	50.28
Conexión B3	113.38	40.88
Conexión B4	113.38	38.08
Conexión B5	113.38	37.88

Conexión B6	113.38	38.58
Conexión B7	113.38	39.08
Conexión B8	113.38	40.18
Conexión B9	113.38	44.98
Conexión B10	113.38	46.78
Conexión B11	113.38	45.98
Conexión B12	113.38	44.18
Conexión B13	113.38	44.08
Conexión B14	113.38	44.98
Conexión B15	113.38	45.18
Conexión B16	113.38	44.48
Conexión B17	113.38	44.38
Conexión B18	113.38	45.18
Conexión B19	113.38	45.78
Conexión B20	113.38	46.88
Conexión B21	113.38	48.58
Conexión B22	113.38	50.48
Conexión B23	113.38	49.88
Conexión B24	113.38	46.78
Conexión B25	113.38	48.58
Conexión B26	113.38	50.48
Conexión B27	113.38	39.68
Conexión B28	113.38	49.48
Conexión B29	113.38	51.58
Conexión B30	113.38	52.78
Conexión B31	113.38	53.18
Conexión B32	113.38	53.68
Conexión C1	113.38	50.38
Conexión C2	113.16	50.06
Conexión C3	112.36	43.46
Conexión C4	111.28	40.88
Conexión C5	109.38	37.98
Conexión C6	108.04	35.44
Conexión C7	106.51	36.31
Conexión C8	103.93	36.63
Conexión C9	101.56	30.06
Conexión C10	100.95	28.25
Conexión C11	97.92	26.52
Conexión C12	96.65	26.15
Conexión C13	96.41	26.21
Conexión C14	95.64	25.24
Conexión C15	95.28	24.58
Conexión C16	95.41	32.81
Conexión C17	94.37	27.77
Conexión C18	92.41	28.71

Conexión 1	113.38	50.38
Conexión D1	113.38	50.38
Conexión D2	113.38	50.28
Conexión D3	113.38	44.48
Conexión D4	113.38	42.98
Conexión D5	113.38	43.18
Conexión D6	113.38	45.58
Conexión D7	113.38	40.68
Conexión D8	113.38	42.88
Conexión D9	113.38	42.98
Conexión D10	113.38	42.98
Conexión D11	113.38	44.28
Conexión D12	113.38	44.88
Conexión D13	113.38	46.78
Conexión D14	113.38	47.18
Conexión D15	113.38	46.78
Conexión D16	113.38	46.18
Conexión D17	113.38	43.68
Conexión D18	113.38	42.48
Conexión D19	113.38	42.48
Conexión D20	113.38	43.78
Conexión D21	113.38	46.28
Conexión D22	113.38	47.18
Conexión D23	113.38	44.28
Conexión D24	113.38	38.78
Conexión D25	113.38	38.48
Conexión D26	113.38	38.58
Conexión D27	113.38	46.98
Conexión D28	113.38	50.88
Conexión D29	113.38	51.88
Conexión D30	113.38	50.68
Conexión D31	113.38	55.28
Conexión D32	113.38	55.78
Conexión D33	113.38	55.68
Conexión D34	113.38	53.38
Conexión D35	113.38	49.58
Conexión D36	113.38	48.88
Conexión D37	113.38	54.38
Conexión D38	113.38	44.58
Conexión D39	113.38	42.68
Conexión D40	113.38	42.08
Conexión D41	113.38	44.68
Conexión D42	113.38	45.88
Conexión D43	113.38	49.18

Altura y presión en nudos con Sector 3 trabajando

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00

Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00
Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00

Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00
Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	45.35	1.63
Tubería Tub302	45.35	1.63
Tubería Tub303	45.35	1.63
Tubería Tub304	43.74	2.46
Tubería Tub305	43.74	2.46
Tubería Tub306	43.74	2.46
Tubería Tub307	36.62	2.06
Tubería Tub308	25.73	1.89
Tubería Tub309	22.17	2.04
Tubería Tub3010	22.17	2.04
Tubería Tub3011	18.61	1.71
Tubería Tub3012	10.14	1.20
Tubería Tub3013	10.14	1.20
Tubería Tub3014	2.39	0.61
Tubería Tub3015	6.17	2.24
Tubería Tub3016	8.47	1.51
Tubería Tub3017	2.77	1.01
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	45.35	0.23
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00

Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 3 trabajando

Sector 4 trabajando

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	108.46	45.46
Conexión N2	108.46	45.36
Conexión N3	108.46	44.86
Conexión N4	108.46	46.46
Conexión N5	108.46	52.06
Conexión N6	108.46	54.26
Conexión N7	108.46	55.06
Conexión N8	108.46	55.06
Conexión N9	108.46	46.16
Conexión N10	108.46	48.46
Conexión N11	108.46	52.96
Conexión N12	108.46	54.36
Conexión N13	108.46	49.06
Conexión N14	108.46	46.86
Conexión N15	108.46	47.66
Conexión N16	108.46	47.86
Conexión N17	108.46	47.96
Conexión N18	108.46	48.36
Conexión N19	108.46	48.56
Conexión N20	108.46	40.66
Conexión N21	108.46	39.56
Conexión N22	108.46	40.46
Conexión N23	108.46	37.66
Conexión N24	108.46	37.86
Conexión N25	108.46	37.86
Conexión N26	108.46	38.56
Conexión N27	108.46	39.96
Conexión N28	108.46	42.66
Conexión N29	108.46	42.86
Conexión N30	108.46	44.56
Conexión N31	108.46	45.56
Conexión N32	108.46	47.26
Conexión N33	108.46	49.16
Conexión N34	108.46	49.66
Conexión N35	108.46	53.76
Conexión N36	108.46	55.86
Conexión N37	108.46	37.76
Conexión N38	108.46	37.86
Conexión N39	108.46	37.86
Conexión N40	108.46	37.76

Conexión N41	108.46	39.06
Conexión N42	108.46	40.46
Conexión N43	108.46	36.26
Conexión N44	108.46	37.86
Conexión N45	108.46	41.66
Conexión N46	108.46	40.56
Conexión A1	108.46	45.46
Conexión A2	108.46	45.36
Conexión A3	108.46	43.86
Conexión A4	108.46	39.56
Conexión A5	108.46	35.96
Conexión A6	108.46	39.46
Conexión A7	108.46	40.96
Conexión A8	108.46	42.76
Conexión A9	108.46	42.76
Conexión A10	108.46	42.86
Conexión A11	108.46	43.16
Conexión A12	108.46	44.16
Conexión A13	108.46	43.56
Conexión A14	108.46	43.66
Conexión A15	108.46	44.66
Conexión A16	108.46	46.86
Conexión A17	108.46	48.96
Conexión A18	108.46	49.86
Conexión A19	108.46	51.56
Conexión A20	108.46	50.26
Conexión A21	108.46	50.56
Conexión A22	108.46	51.16
Conexión A23	108.46	50.96
Conexión A24	108.46	38.06
Conexión A25	108.46	45.56
Conexión A26	108.46	45.16
Conexión A27	108.46	47.06
Conexión A28	108.46	49.06
Conexión A29	108.46	48.06
Conexión A30	108.46	48.36
Conexión B1	108.46	45.46
Conexión B2	108.46	45.36
Conexión B3	108.46	35.96
Conexión B4	108.46	33.16
Conexión B5	108.46	32.96
Conexión B6	108.46	33.66
Conexión B7	108.46	34.16
Conexión B8	108.46	35.26
Conexión B9	108.46	40.06

Conexión B10	108.46	41.86
Conexión B11	108.46	41.06
Conexión B12	108.46	39.26
Conexión B13	108.46	39.16
Conexión B14	108.46	40.06
Conexión B15	108.46	40.26
Conexión B16	108.46	39.56
Conexión B17	108.46	39.46
Conexión B18	108.46	40.26
Conexión B19	108.46	40.86
Conexión B20	108.46	41.96
Conexión B21	108.46	43.66
Conexión B22	108.46	45.56
Conexión B23	108.46	44.96
Conexión B24	108.46	41.86
Conexión B25	108.46	43.66
Conexión B26	108.46	45.56
Conexión B27	108.46	34.76
Conexión B28	108.46	44.56
Conexión B29	108.46	46.66
Conexión B30	108.46	47.86
Conexión B31	108.46	48.26
Conexión B32	108.46	48.76
Conexión C1	108.46	45.46
Conexión C2	108.46	45.36
Conexión C3	108.46	39.56
Conexión C4	108.46	38.06
Conexión C5	108.46	37.06
Conexión C6	108.46	35.86
Conexión C7	108.46	38.26
Conexión C8	108.46	41.16
Conexión C9	108.46	36.96
Conexión C10	108.46	35.76
Conexión C11	108.46	37.06
Conexión C12	108.46	37.96
Conexión C13	108.46	38.26
Conexión C14	108.46	38.06
Conexión C15	108.46	37.76
Conexión C16	108.46	45.86
Conexión C17	108.46	41.86
Conexión C18	108.46	44.76
Conexión 1	108.46	45.46
Conexión D1	108.45	45.45
Conexión D2	108.37	45.27
Conexión D3	108.06	39.16

Conexión D4	106.70	36.30
Conexión D5	106.06	35.86
Conexión D6	104.44	36.64
Conexión D7	102.67	29.97
Conexión D8	100.41	29.91
Conexión D9	99.58	29.18
Conexión D10	97.68	27.28
Conexión D11	96.12	27.02
Conexión D12	95.29	26.79
Conexión D13	94.26	27.66
Conexión D14	94.04	27.84
Conexión D15	93.93	27.33
Conexión D16	93.31	26.11
Conexión D17	90.30	20.60
Conexión D18	89.80	18.90
Conexión D19	89.15	18.25
Conexión D20	87.98	18.38
Conexión D21	85.30	18.20
Conexión D22	93.19	26.99
Conexión D23	93.97	24.87
Conexión D24	90.87	16.27
Conexión D25	90.16	15.26
Conexión D26	89.87	15.07
Conexión D27	85.60	19.20
Conexión D28	83.98	21.48
Conexión D29	83.78	22.28
Conexión D30	82.07	19.37
Conexión D31	80.34	22.24
Conexión D32	78.75	21.15
Conexión D33	74.81	17.11
Conexión D34	83.48	23.48
Conexión D35	80.95	17.15
Conexión D36	80.01	15.51
Conexión D37	78.50	19.50
Conexión D38	89.09	20.29
Conexión D39	89.67	18.97
Conexión D40	88.51	17.21
Conexión D41	87.34	18.64
Conexión D42	86.08	18.58
Conexión D43	84.59	20.39

Altura y presión en nudos con Sector 4 trabajando

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00

Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00

Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	92.78	1.31
Tubería Tub402	92.78	1.31
Tubería Tub403	92.78	2.13
Tubería Tub404	92.78	1.31
Tubería Tub405	92.78	2.13
Tubería Tub406	92.78	2.13
Tubería Tub407	92.78	2.13

Tubería Tub408	92.78	2.13
Tubería Tub409	92.78	2.13
Tubería Tub4010	92.78	2.13
Tubería Tub4011	84.46	1.94
Tubería Tub4012	77.06	1.77
Tubería Tub4013	36.86	0.88
Tubería Tub4014	31.47	0.75
Tubería Tub4015	19.85	1.83
Tubería Tub4016	19.85	1.83
Tubería Tub4017	5.51	0.70
Tubería Tub4018	3.56	0.91
Tubería Tub4019	3.56	1.29
Tubería Tub4020	3.56	1.29
Tubería Tub4021	2.43	1.44
Tubería Tub4022	40.20	0.96
Tubería Tub4023	38.56	2.16
Tubería Tub4024	38.56	2.16
Tubería Tub4025	33.61	1.89
Tubería Tub4026	29.48	2.16
Tubería Tub4027	19.84	1.83
Tubería Tub4028	14.11	1.30
Tubería Tub4029	13.70	1.26
Tubería Tub4030	7.44	1.32
Tubería Tub4031	5.55	0.99
Tubería Tub4032	2.02	1.19
Tubería Tub4033	0.41	0.24
Tubería Tub4034	4.06	1.04
Tubería Tub4035	4.06	1.04
Tubería Tub4036	1.89	1.12
Tubería Tub4037	6.55	1.67
Tubería Tub4038	14.34	1.70
Tubería Tub4039	11.54	1.37
Tubería Tub4040	11.54	1.37
Tubería Tub4041	9.52	1.69
Tubería Tub4042	3.28	1.19

Caudal y velocidad en líneas con Sector 4 trabajando

Sector 5 trabajando

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	107.64	44.64
Conexión N2	107.32	44.22
Conexión N3	104.15	40.55
Conexión N4	95.79	33.79
Conexión N5	87.40	31.00
Conexión N6	85.50	31.30
Conexión N7	84.16	30.76
Conexión N8	80.43	27.03
Conexión N9	107.22	44.92
Conexión N10	106.15	46.15
Conexión N11	102.48	46.98
Conexión N12	99.42	45.32
Conexión N13	98.41	39.01
Conexión N14	106.63	45.03
Conexión N15	105.65	44.85
Conexión N16	105.26	44.66
Conexión N17	103.77	43.27
Conexión N18	103.08	42.98
Conexión N19	102.66	42.76
Conexión N20	101.73	33.93
Conexión N21	100.52	31.62
Conexión N22	99.59	31.59
Conexión N23	97.55	26.75
Conexión N24	96.11	25.51
Conexión N25	95.40	24.80
Conexión N26	94.93	25.03
Conexión N27	94.09	25.59
Conexión N28	93.36	27.56
Conexión N29	93.16	27.56
Conexión N30	92.22	28.32
Conexión N31	91.57	28.67
Conexión N32	89.71	28.51
Conexión N33	88.70	29.40
Conexión N34	87.96	29.16
Conexión N35	94.80	40.10
Conexión N36	92.97	40.37
Conexión N37	96.35	25.65
Conexión N38	95.78	25.18
Conexión N39	95.05	24.45
Conexión N40	93.73	23.03
Conexión N41	95.26	25.86

Conexión N42	95.22	27.22
Conexión N43	94.65	22.45
Conexión N44	93.25	22.65
Conexión N45	91.52	24.72
Conexión N46	90.92	23.02
Conexión A1	107.64	44.64
Conexión A2	107.64	44.54
Conexión A3	107.64	43.04
Conexión A4	107.64	38.74
Conexión A5	107.64	35.14
Conexión A6	107.64	38.64
Conexión A7	107.64	40.14
Conexión A8	107.64	41.94
Conexión A9	107.64	41.94
Conexión A10	107.64	42.04
Conexión A11	107.64	42.34
Conexión A12	107.64	43.34
Conexión A13	107.64	42.74
Conexión A14	107.64	42.84
Conexión A15	107.64	43.84
Conexión A16	107.64	46.04
Conexión A17	107.64	48.14
Conexión A18	107.64	49.04
Conexión A19	107.64	50.74
Conexión A20	107.64	49.44
Conexión A21	107.64	49.74
Conexión A22	107.64	50.34
Conexión A23	107.64	50.14
Conexión A24	107.64	37.24
Conexión A25	107.64	44.74
Conexión A26	107.64	44.34
Conexión A27	107.64	46.24
Conexión A28	107.64	48.24
Conexión A29	107.64	47.24
Conexión A30	107.64	47.54
Conexión B1	107.64	44.64
Conexión B2	107.64	44.54
Conexión B3	107.64	35.14
Conexión B4	107.64	32.34
Conexión B5	107.64	32.14
Conexión B6	107.64	32.84
Conexión B7	107.64	33.34
Conexión B8	107.64	34.44
Conexión B9	107.64	39.24
Conexión B10	107.64	41.04

Conexión B11	107.64	40.24
Conexión B12	107.64	38.44
Conexión B13	107.64	38.34
Conexión B14	107.64	39.24
Conexión B15	107.64	39.44
Conexión B16	107.64	38.74
Conexión B17	107.64	38.64
Conexión B18	107.64	39.44
Conexión B19	107.64	40.04
Conexión B20	107.64	41.14
Conexión B21	107.64	42.84
Conexión B22	107.64	44.74
Conexión B23	107.64	44.14
Conexión B24	107.64	41.04
Conexión B25	107.64	42.84
Conexión B26	107.64	44.74
Conexión B27	107.64	33.94
Conexión B28	107.64	43.74
Conexión B29	107.64	45.84
Conexión B30	107.64	47.04
Conexión B31	107.64	47.44
Conexión B32	107.64	47.94
Conexión C1	107.64	44.64
Conexión C2	107.64	44.54
Conexión C3	107.64	38.74
Conexión C4	107.64	37.24
Conexión C5	107.64	36.24
Conexión C6	107.64	35.04
Conexión C7	107.64	37.44
Conexión C8	107.64	40.34
Conexión C9	107.64	36.14
Conexión C10	107.64	34.94
Conexión C11	107.64	36.24
Conexión C12	107.64	37.14
Conexión C13	107.64	37.44
Conexión C14	107.64	37.24
Conexión C15	107.64	36.94
Conexión C16	107.64	45.04
Conexión C17	107.64	41.04
Conexión C18	107.64	43.94
Conexión 1	107.64	44.64
Conexión D1	107.64	44.64
Conexión D2	107.64	44.54
Conexión D3	107.64	38.74
Conexión D4	107.64	37.24

Conexión D5	107.64	37.44
Conexión D6	107.64	39.84
Conexión D7	107.64	34.94
Conexión D8	107.64	37.14
Conexión D9	107.64	37.24
Conexión D10	107.64	37.24
Conexión D11	107.64	38.54
Conexión D12	107.64	39.14
Conexión D13	107.64	41.04
Conexión D14	107.64	41.44
Conexión D15	107.64	41.04
Conexión D16	107.64	40.44
Conexión D17	107.64	37.94
Conexión D18	107.64	36.74
Conexión D19	107.64	36.74
Conexión D20	107.64	38.04
Conexión D21	107.64	40.54
Conexión D22	107.64	41.44
Conexión D23	107.64	38.54
Conexión D24	107.64	33.04
Conexión D25	107.64	32.74
Conexión D26	107.64	32.84
Conexión D27	107.64	41.24
Conexión D28	107.64	45.14
Conexión D29	107.64	46.14
Conexión D30	107.64	44.94
Conexión D31	107.64	49.54
Conexión D32	107.64	50.04
Conexión D33	107.64	49.94
Conexión D34	107.64	47.64
Conexión D35	107.64	43.84
Conexión D36	107.64	43.14
Conexión D37	107.64	48.64
Conexión D38	107.64	38.84
Conexión D39	107.64	36.94
Conexión D40	107.64	36.34
Conexión D41	107.64	38.94
Conexión D42	107.64	40.14
Conexión D43	107.64	43.44

Altura y presión en nudos con Sector 5 trabajando

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	98.76	2.27
Tubería Tub2	15.44	1.83
Tubería Tub3	13.83	2.46
Tubería Tub4	9.01	2.30
Tubería Tub5	3.75	1.36
Tubería Tub6	2.02	1.19
Tubería Tub7	2.02	1.19
Tubería Tub8	83.32	1.91
Tubería Tub9	24.31	2.24
Tubería Tub10	12.47	2.22
Tubería Tub11	5.54	2.01
Tubería Tub12	2.77	1.64
Tubería Tub13	59.01	2.12
Tubería Tub14	56.21	2.02
Tubería Tub15	56.21	2.02
Tubería Tub16	56.21	2.02
Tubería Tub17	52.12	1.87
Tubería Tub18	52.12	1.87
Tubería Tub19	48.96	1.76
Tubería Tub20	48.96	1.76
Tubería Tub21	43.42	2.44
Tubería Tub22	43.42	2.44
Tubería Tub23	27.96	1.57
Tubería Tub24	25.82	1.45
Tubería Tub25	24.78	1.39
Tubería Tub26	22.07	1.62
Tubería Tub27	18.48	1.35
Tubería Tub28	17.66	1.29
Tubería Tub29	15.71	1.15
Tubería Tub30	3.62	1.32
Tubería Tub31	3.62	1.32
Tubería Tub32	1.95	0.71
Tubería Tub33	1.95	0.71
Tubería Tub34	3.16	1.87
Tubería Tub35	1.58	0.93
Tubería Tub36	13.16	1.21
Tubería Tub37	9.29	1.10
Tubería Tub38	7.24	1.29
Tubería Tub39	7.24	1.29
Tubería Tub40	2.05	0.74
Tubería Tub41	0.82	0.30
Tubería Tub42	2.71	0.48
Tubería Tub43	0.82	0.21

Tubería Tub44	12.09	1.11
Tubería Tub45	4.44	1.13
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00

Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	98.76	0.50
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00

Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 5 trabajando

Sector 1 trabajando (diámetros modificados)

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	109.64	46.64
Conexión N2	109.64	46.54
Conexión N3	109.64	46.04
Conexión N4	109.64	47.64
Conexión N5	109.64	53.24
Conexión N6	109.64	55.44
Conexión N7	109.64	56.24
Conexión N8	109.64	56.24
Conexión N9	109.64	47.34
Conexión N10	109.64	49.64
Conexión N11	109.64	54.14
Conexión N12	109.64	55.54
Conexión N13	109.64	50.24
Conexión N14	109.64	48.04
Conexión N15	109.64	48.84
Conexión N16	109.64	49.04
Conexión N17	109.64	49.14
Conexión N18	109.64	49.54
Conexión N19	109.64	49.74
Conexión N20	109.64	41.84
Conexión N21	109.64	40.74
Conexión N22	109.64	41.64
Conexión N23	109.64	38.84
Conexión N24	109.64	39.04
Conexión N25	109.64	39.04
Conexión N26	109.64	39.74
Conexión N27	109.64	41.14
Conexión N28	109.64	43.84
Conexión N29	109.64	44.04
Conexión N30	109.64	45.74
Conexión N31	109.64	46.74
Conexión N32	109.64	48.44
Conexión N33	109.64	50.34
Conexión N34	109.64	50.84
Conexión N35	109.64	54.94
Conexión N36	109.64	57.04
Conexión N37	109.64	38.94
Conexión N38	109.64	39.04
Conexión N39	109.64	39.04
Conexión N40	109.64	38.94

Conexión N41	109.64	40.24
Conexión N42	109.64	41.64
Conexión N43	109.64	37.44
Conexión N44	109.64	39.04
Conexión N45	109.64	42.84
Conexión N46	109.64	41.74
Conexión A1	109.64	46.64
Conexión A2	109.42	46.32
Conexión A3	109.16	44.56
Conexión A4	108.63	39.73
Conexión A5	107.79	35.29
Conexión A6	107.05	38.05
Conexión A7	104.78	37.28
Conexión A8	102.65	36.95
Conexión A9	102.43	36.73
Conexión A10	101.86	36.26
Conexión A11	101.67	36.37
Conexión A12	100.83	36.53
Conexión A13	98.88	33.98
Conexión A14	96.50	31.70
Conexión A15	95.01	31.21
Conexión A16	94.35	32.75
Conexión A17	93.19	33.69
Conexión A18	92.55	33.95
Conexión A19	90.58	33.68
Conexión A20	89.79	31.59
Conexión A21	89.42	31.52
Conexión A22	88.48	31.18
Conexión A23	87.97	30.47
Conexión A24	101.29	30.89
Conexión A25	97.89	34.99
Conexión A26	96.12	32.82
Conexión A27	95.54	34.14
Conexión A28	92.68	33.28
Conexión A29	91.87	31.47
Conexión A30	91.50	31.40
Conexión B1	109.64	46.64
Conexión B2	109.64	46.54
Conexión B3	109.64	37.14
Conexión B4	109.64	34.34
Conexión B5	109.64	34.14
Conexión B6	109.64	34.84
Conexión B7	109.64	35.34
Conexión B8	109.64	36.44
Conexión B9	109.64	41.24

Conexión B10	109.64	43.04
Conexión B11	109.64	42.24
Conexión B12	109.64	40.44
Conexión B13	109.64	40.34
Conexión B14	109.64	41.24
Conexión B15	109.64	41.44
Conexión B16	109.64	40.74
Conexión B17	109.64	40.64
Conexión B18	109.64	41.44
Conexión B19	109.64	42.04
Conexión B20	109.64	43.14
Conexión B21	109.64	44.84
Conexión B22	109.64	46.74
Conexión B23	109.64	46.14
Conexión B24	109.64	43.04
Conexión B25	109.64	44.84
Conexión B26	109.64	46.74
Conexión B27	109.64	35.94
Conexión B28	109.64	45.74
Conexión B29	109.64	47.84
Conexión B30	109.64	49.04
Conexión B31	109.64	49.44
Conexión B32	109.64	49.94
Conexión C1	109.64	46.64
Conexión C2	109.64	46.54
Conexión C3	109.64	40.74
Conexión C4	109.64	39.24
Conexión C5	109.64	38.24
Conexión C6	109.64	37.04
Conexión C7	109.64	39.44
Conexión C8	109.64	42.34
Conexión C9	109.64	38.14
Conexión C10	109.64	36.94
Conexión C11	109.64	38.24
Conexión C12	109.64	39.14
Conexión C13	109.64	39.44
Conexión C14	109.64	39.24
Conexión C15	109.64	38.94
Conexión C16	109.64	47.04
Conexión C17	109.64	43.04
Conexión C18	109.64	45.94
Conexión 1	109.64	46.64
Conexión D1	109.64	46.64
Conexión D2	109.64	46.54
Conexión D3	109.64	40.74

Conexión D4	109.64	39.24
Conexión D5	109.64	39.44
Conexión D6	109.64	41.84
Conexión D7	109.64	36.94
Conexión D8	109.64	39.14
Conexión D9	109.64	39.24
Conexión D10	109.64	39.24
Conexión D11	109.64	40.54
Conexión D12	109.64	41.14
Conexión D13	109.64	43.04
Conexión D14	109.64	43.44
Conexión D15	109.64	43.04
Conexión D16	109.64	42.44
Conexión D17	109.64	39.94
Conexión D18	109.64	38.74
Conexión D19	109.64	38.74
Conexión D20	109.64	40.04
Conexión D21	109.64	42.54
Conexión D22	109.64	43.44
Conexión D23	109.64	40.54
Conexión D24	109.64	35.04
Conexión D25	109.64	34.74
Conexión D26	109.64	34.84
Conexión D27	109.64	43.24
Conexión D28	109.64	47.14
Conexión D29	109.64	48.14
Conexión D30	109.64	46.94
Conexión D31	109.64	51.54
Conexión D32	109.64	52.04
Conexión D33	109.64	51.94
Conexión D34	109.64	49.64
Conexión D35	109.64	45.84
Conexión D36	109.64	45.14
Conexión D37	109.64	50.64
Conexión D38	109.64	40.84
Conexión D39	109.64	38.94
Conexión D40	109.64	38.34
Conexión D41	109.64	40.94
Conexión D42	109.64	42.14
Conexión D43	109.64	45.44

Altura y presión en nudos con Sector 1 trabajando (diámetros modificados)

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00

Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	81.76	1.88
Tubería Tub202	81.76	1.88
Tubería Tub203	80.63	1.85
Tubería Tub204	76.19	1.75
Tubería Tub205	72.95	1.68
Tubería Tub206	68.95	2.48
Tubería Tub207	67.25	2.42
Tubería Tub208	61.93	2.23
Tubería Tub209	61.93	2.23
Tubería Tub210	58.06	2.09
Tubería Tub211	58.06	2.09
Tubería Tub212	31.19	2.29
Tubería Tub213	27.06	2.49
Tubería Tub214	22.21	2.04
Tubería Tub215	13.45	1.24
Tubería Tub216	10.65	1.26
Tubería Tub217	8.13	0.96
Tubería Tub218	6.30	1.12
Tubería Tub219	6.30	1.12
Tubería Tub220	6.30	1.12
Tubería Tub221	6.30	1.12
Tubería Tub222	2.27	0.82
Tubería Tub223	3.87	0.69
Tubería Tub224	24.13	2.22
Tubería Tub225	15.15	1.80
Tubería Tub226	8.98	2.29
Tubería Tub227	4.38	1.59
Tubería Tub228	6.49	1.66
Tubería Tub229	1.51	0.55
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00

Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	81.76	0.42
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00

Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 1 trabajando (diámetros modificados)

Sector 2 trabajando (diámetros modificados)

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	111.76	48.76
Conexión N2	111.76	48.66
Conexión N3	111.76	48.16
Conexión N4	111.76	49.76
Conexión N5	111.76	55.36
Conexión N6	111.76	57.56
Conexión N7	111.76	58.36
Conexión N8	111.76	58.36
Conexión N9	111.76	49.46
Conexión N10	111.76	51.76
Conexión N11	111.76	56.26
Conexión N12	111.76	57.66
Conexión N13	111.76	52.36
Conexión N14	111.76	50.16
Conexión N15	111.76	50.96
Conexión N16	111.76	51.16
Conexión N17	111.76	51.26
Conexión N18	111.76	51.66
Conexión N19	111.76	51.86
Conexión N20	111.76	43.96
Conexión N21	111.76	42.86
Conexión N22	111.76	43.76
Conexión N23	111.76	40.96
Conexión N24	111.76	41.16
Conexión N25	111.76	41.16
Conexión N26	111.76	41.86
Conexión N27	111.76	43.26
Conexión N28	111.76	45.96
Conexión N29	111.76	46.16
Conexión N30	111.76	47.86
Conexión N31	111.76	48.86
Conexión N32	111.76	50.56
Conexión N33	111.76	52.46
Conexión N34	111.76	52.96
Conexión N35	111.76	57.06
Conexión N36	111.76	59.16
Conexión N37	111.76	41.06
Conexión N38	111.76	41.16
Conexión N39	111.76	41.16

Conexión N40	111.76	41.06
Conexión N41	111.76	42.36
Conexión N42	111.76	43.76
Conexión N43	111.76	39.56
Conexión N44	111.76	41.16
Conexión N45	111.76	44.96
Conexión N46	111.76	43.86
Conexión A1	111.76	48.76
Conexión A2	111.76	48.66
Conexión A3	111.76	47.16
Conexión A4	111.76	42.86
Conexión A5	111.76	39.26
Conexión A6	111.76	42.76
Conexión A7	111.76	44.26
Conexión A8	111.76	46.06
Conexión A9	111.76	46.06
Conexión A10	111.76	46.16
Conexión A11	111.76	46.46
Conexión A12	111.76	47.46
Conexión A13	111.76	46.86
Conexión A14	111.76	46.96
Conexión A15	111.76	47.96
Conexión A16	111.76	50.16
Conexión A17	111.76	52.26
Conexión A18	111.76	53.16
Conexión A19	111.76	54.86
Conexión A20	111.76	53.56
Conexión A21	111.76	53.86
Conexión A22	111.76	54.46
Conexión A23	111.76	54.26
Conexión A24	111.76	41.36
Conexión A25	111.76	48.86
Conexión A26	111.76	48.46
Conexión A27	111.76	50.36
Conexión A28	111.76	52.36
Conexión A29	111.76	51.36
Conexión A30	111.76	51.66
Conexión B1	111.76	48.76
Conexión B2	111.40	48.30
Conexión B3	108.58	36.08
Conexión B4	106.98	31.68
Conexión B5	106.63	31.13
Conexión B6	105.71	30.91
Conexión B7	104.94	30.64
Conexión B8	103.98	30.78

Conexión B9	100.79	32.39
Conexión B10	99.21	32.61
Conexión B11	98.42	31.02
Conexión B12	96.56	27.36
Conexión B13	95.74	26.44
Conexión B14	95.19	26.79
Conexión B15	94.30	26.10
Conexión B16	92.77	23.87
Conexión B17	92.37	23.37
Conexión B18	91.48	23.28
Conexión B19	90.71	23.11
Conexión B20	89.56	23.06
Conexión B21	88.40	23.60
Conexión B22	87.44	24.54
Conexión B23	85.80	22.30
Conexión B24	98.36	31.76
Conexión B25	92.76	27.96
Conexión B26	91.13	28.23
Conexión B27	95.86	22.16
Conexión B28	87.66	23.76
Conexión B29	85.62	23.82
Conexión B30	83.18	22.58
Conexión B31	80.57	20.37
Conexión B32	79.93	20.23
Conexión C1	111.76	48.76
Conexión C2	111.76	48.66
Conexión C3	111.76	42.86
Conexión C4	111.76	41.36
Conexión C5	111.76	40.36
Conexión C6	111.76	39.16
Conexión C7	111.76	41.56
Conexión C8	111.76	44.46
Conexión C9	111.76	40.26
Conexión C10	111.76	39.06
Conexión C11	111.76	40.36
Conexión C12	111.76	41.26
Conexión C13	111.76	41.56
Conexión C14	111.76	41.36
Conexión C15	111.76	41.06
Conexión C16	111.76	49.16
Conexión C17	111.76	45.16
Conexión C18	111.76	48.06
Conexión 1	111.76	48.76
Conexión D1	111.76	48.76
Conexión D2	111.76	48.66

Conexión D3	111.76	42.86
Conexión D4	111.76	41.36
Conexión D5	111.76	41.56
Conexión D6	111.76	43.96
Conexión D7	111.76	39.06
Conexión D8	111.76	41.26
Conexión D9	111.76	41.36
Conexión D10	111.76	41.36
Conexión D11	111.76	42.66
Conexión D12	111.76	43.26
Conexión D13	111.76	45.16
Conexión D14	111.76	45.56
Conexión D15	111.76	45.16
Conexión D16	111.76	44.56
Conexión D17	111.76	42.06
Conexión D18	111.76	40.86
Conexión D19	111.76	40.86
Conexión D20	111.76	42.16
Conexión D21	111.76	44.66
Conexión D22	111.76	45.56
Conexión D23	111.76	42.66
Conexión D24	111.76	37.16
Conexión D25	111.76	36.86
Conexión D26	111.76	36.96
Conexión D27	111.76	45.36
Conexión D28	111.76	49.26
Conexión D29	111.76	50.26
Conexión D30	111.76	49.06
Conexión D31	111.76	53.66
Conexión D32	111.76	54.16
Conexión D33	111.76	54.06
Conexión D34	111.76	51.76
Conexión D35	111.76	47.96
Conexión D36	111.76	47.26
Conexión D37	111.76	52.76
Conexión D38	111.76	42.96
Conexión D39	111.76	41.06
Conexión D40	111.76	40.46
Conexión D41	111.76	43.06
Conexión D42	111.76	44.26
Conexión D43	111.76	47.56

Altura y presión en nudos con Sector 2 trabajando (diámetros modificados)

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00

Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	58.33	2.10
Tubería Tub2022	58.33	2.10
Tubería Tub2023	58.33	2.10
Tubería Tub2024	58.33	2.10
Tubería Tub2025	58.33	2.10
Tubería Tub2026	54.68	1.97
Tubería Tub2027	51.31	1.84
Tubería Tub2028	47.22	2.65
Tubería Tub2029	43.50	2.44
Tubería Tub20210	37.13	2.08
Tubería Tub20211	35.49	1.99

Tubería Tub20212	27.97	1.57
Tubería Tub20213	27.97	1.57
Tubería Tub20214	27.97	1.57
Tubería Tub20215	21.10	1.55
Tubería Tub20216	21.10	1.55
Tubería Tub20217	20.31	1.87
Tubería Tub20218	20.31	1.87
Tubería Tub20219	20.31	1.87
Tubería Tub20220	10.70	1.27
Tubería Tub20221	4.50	1.15
Tubería Tub20222	4.50	1.15
Tubería Tub20223	6.37	2.31
Tubería Tub20224	6.37	2.31
Tubería Tub20225	2.24	1.32
Tubería Tub20226	3.43	0.88
Tubería Tub20227	6.27	1.12
Tubería Tub20228	6.20	1.58
Tubería Tub20229	6.20	1.58
Tubería Tub20230	6.20	1.58
Tubería Tub20231	2.74	0.70
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00

Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	58.33	0.30
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00

Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 2 trabajando (diámetros modificados)

Sector 3 trabajando (diámetros modificados)

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	113.38	50.38
Conexión N2	113.38	50.28
Conexión N3	113.38	49.78
Conexión N4	113.38	51.38
Conexión N5	113.38	56.98
Conexión N6	113.38	59.18
Conexión N7	113.38	59.98
Conexión N8	113.38	59.98
Conexión N9	113.38	51.08
Conexión N10	113.38	53.38
Conexión N11	113.38	57.88
Conexión N12	113.38	59.28
Conexión N13	113.38	53.98
Conexión N14	113.38	51.78
Conexión N15	113.38	52.58
Conexión N16	113.38	52.78
Conexión N17	113.38	52.88
Conexión N18	113.38	53.28
Conexión N19	113.38	53.48
Conexión N20	113.38	45.58
Conexión N21	113.38	44.48
Conexión N22	113.38	45.38
Conexión N23	113.38	42.58
Conexión N24	113.38	42.78
Conexión N25	113.38	42.78
Conexión N26	113.38	43.48
Conexión N27	113.38	44.88
Conexión N28	113.38	47.58
Conexión N29	113.38	47.78

Conexión N30	113.38	49.48
Conexión N31	113.38	50.48
Conexión N32	113.38	52.18
Conexión N33	113.38	54.08
Conexión N34	113.38	54.58
Conexión N35	113.38	58.68
Conexión N36	113.38	60.78
Conexión N37	113.38	42.68
Conexión N38	113.38	42.78
Conexión N39	113.38	42.78
Conexión N40	113.38	42.68
Conexión N41	113.38	43.98
Conexión N42	113.38	45.38
Conexión N43	113.38	41.18
Conexión N44	113.38	42.78
Conexión N45	113.38	46.58
Conexión N46	113.38	45.48
Conexión A1	113.38	50.38
Conexión A2	113.38	50.28
Conexión A3	113.38	48.78
Conexión A4	113.38	44.48
Conexión A5	113.38	40.88
Conexión A6	113.38	44.38
Conexión A7	113.38	45.88
Conexión A8	113.38	47.68
Conexión A9	113.38	47.68
Conexión A10	113.38	47.78
Conexión A11	113.38	48.08
Conexión A12	113.38	49.08
Conexión A13	113.38	48.48
Conexión A14	113.38	48.58
Conexión A15	113.38	49.58
Conexión A16	113.38	51.78
Conexión A17	113.38	53.88
Conexión A18	113.38	54.78
Conexión A19	113.38	56.48
Conexión A20	113.38	55.18
Conexión A21	113.38	55.48
Conexión A22	113.38	56.08
Conexión A23	113.38	55.88
Conexión A24	113.38	42.98
Conexión A25	113.38	50.48
Conexión A26	113.38	50.08
Conexión A27	113.38	51.98
Conexión A28	113.38	53.98

Conexión A29	113.38	52.98
Conexión A30	113.38	53.28
Conexión B1	113.38	50.38
Conexión B2	113.38	50.28
Conexión B3	113.38	40.88
Conexión B4	113.38	38.08
Conexión B5	113.38	37.88
Conexión B6	113.38	38.58
Conexión B7	113.38	39.08
Conexión B8	113.38	40.18
Conexión B9	113.38	44.98
Conexión B10	113.38	46.78
Conexión B11	113.38	45.98
Conexión B12	113.38	44.18
Conexión B13	113.38	44.08
Conexión B14	113.38	44.98
Conexión B15	113.38	45.18
Conexión B16	113.38	44.48
Conexión B17	113.38	44.38
Conexión B18	113.38	45.18
Conexión B19	113.38	45.78
Conexión B20	113.38	46.88
Conexión B21	113.38	48.58
Conexión B22	113.38	50.48
Conexión B23	113.38	49.88
Conexión B24	113.38	46.78
Conexión B25	113.38	48.58
Conexión B26	113.38	50.48
Conexión B27	113.38	39.68
Conexión B28	113.38	49.48
Conexión B29	113.38	51.58
Conexión B30	113.38	52.78
Conexión B31	113.38	53.18
Conexión B32	113.38	53.68
Conexión C1	113.38	50.38
Conexión C2	113.16	50.06
Conexión C3	112.36	43.46
Conexión C4	111.28	40.88
Conexión C5	109.38	37.98
Conexión C6	108.04	35.44
Conexión C7	106.51	36.31
Conexión C8	103.93	36.63
Conexión C9	101.56	30.06
Conexión C10	100.95	28.25
Conexión C11	97.92	26.52

Conexión C12	96.65	26.15
Conexión C13	96.41	26.21
Conexión C14	95.64	25.24
Conexión C15	95.28	24.58
Conexión C16	95.41	32.81
Conexión C17	94.37	27.77
Conexión C18	92.41	28.71
Conexión 1	113.38	50.38
Conexión D1	113.38	50.38
Conexión D2	113.38	50.28
Conexión D3	113.38	44.48
Conexión D4	113.38	42.98
Conexión D5	113.38	43.18
Conexión D6	113.38	45.58
Conexión D7	113.38	40.68
Conexión D8	113.38	42.88
Conexión D9	113.38	42.98
Conexión D10	113.38	42.98
Conexión D11	113.38	44.28
Conexión D12	113.38	44.88
Conexión D13	113.38	46.78
Conexión D14	113.38	47.18
Conexión D15	113.38	46.78
Conexión D16	113.38	46.18
Conexión D17	113.38	43.68
Conexión D18	113.38	42.48
Conexión D19	113.38	42.48
Conexión D20	113.38	43.78
Conexión D21	113.38	46.28
Conexión D22	113.38	47.18
Conexión D23	113.38	44.28
Conexión D24	113.38	38.78
Conexión D25	113.38	38.48
Conexión D26	113.38	38.58
Conexión D27	113.38	46.98
Conexión D28	113.38	50.88
Conexión D29	113.38	51.88
Conexión D30	113.38	50.68
Conexión D31	113.38	55.28
Conexión D32	113.38	55.78
Conexión D33	113.38	55.68
Conexión D34	113.38	53.38
Conexión D35	113.38	49.58
Conexión D36	113.38	48.88
Conexión D37	113.38	54.38

Conexión D38	113.38	44.58
Conexión D39	113.38	42.68
Conexión D40	113.38	42.08
Conexión D41	113.38	44.68
Conexión D42	113.38	45.88
Conexión D43	113.38	49.18

Altura y presión en nudos con Sector 3 trabajando (diámetros modificados)

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00

Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00
Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00

Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00
Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	45.35	1.63
Tubería Tub302	45.35	1.63
Tubería Tub303	45.35	1.63
Tubería Tub304	43.74	2.46
Tubería Tub305	43.74	2.46
Tubería Tub306	43.74	2.46
Tubería Tub307	36.62	2.06
Tubería Tub308	25.73	1.89
Tubería Tub309	22.17	2.04
Tubería Tub3010	22.17	2.04
Tubería Tub3011	18.61	1.71
Tubería Tub3012	10.14	1.20
Tubería Tub3013	10.14	1.20
Tubería Tub3014	2.39	0.61
Tubería Tub3015	6.17	2.24
Tubería Tub3016	8.47	1.51
Tubería Tub3017	2.77	1.01
Tubería 1	0.00	0.00

Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	45.35	0.23
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00
Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 3 trabajando (diámetros modificados)

Sector 3 trabajando (diámetros modificados)

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	108.46	45.46
Conexión N2	108.46	45.36
Conexión N3	108.46	44.86
Conexión N4	108.46	46.46
Conexión N5	108.46	52.06
Conexión N6	108.46	54.26
Conexión N7	108.46	55.06
Conexión N8	108.46	55.06
Conexión N9	108.46	46.16
Conexión N10	108.46	48.46
Conexión N11	108.46	52.96
Conexión N12	108.46	54.36
Conexión N13	108.46	49.06
Conexión N14	108.46	46.86
Conexión N15	108.46	47.66
Conexión N16	108.46	47.86
Conexión N17	108.46	47.96
Conexión N18	108.46	48.36
Conexión N19	108.46	48.56
Conexión N20	108.46	40.66
Conexión N21	108.46	39.56
Conexión N22	108.46	40.46
Conexión N23	108.46	37.66
Conexión N24	108.46	37.86
Conexión N25	108.46	37.86
Conexión N26	108.46	38.56
Conexión N27	108.46	39.96
Conexión N28	108.46	42.66
Conexión N29	108.46	42.86
Conexión N30	108.46	44.56
Conexión N31	108.46	45.56
Conexión N32	108.46	47.26
Conexión N33	108.46	49.16
Conexión N34	108.46	49.66
Conexión N35	108.46	53.76
Conexión N36	108.46	55.86
Conexión N37	108.46	37.76
Conexión N38	108.46	37.86

Conexión N39	108.46	37.86
Conexión N40	108.46	37.76
Conexión N41	108.46	39.06
Conexión N42	108.46	40.46
Conexión N43	108.46	36.26
Conexión N44	108.46	37.86
Conexión N45	108.46	41.66
Conexión N46	108.46	40.56
Conexión A1	108.46	45.46
Conexión A2	108.46	45.36
Conexión A3	108.46	43.86
Conexión A4	108.46	39.56
Conexión A5	108.46	35.96
Conexión A6	108.46	39.46
Conexión A7	108.46	40.96
Conexión A8	108.46	42.76
Conexión A9	108.46	42.76
Conexión A10	108.46	42.86
Conexión A11	108.46	43.16
Conexión A12	108.46	44.16
Conexión A13	108.46	43.56
Conexión A14	108.46	43.66
Conexión A15	108.46	44.66
Conexión A16	108.46	46.86
Conexión A17	108.46	48.96
Conexión A18	108.46	49.86
Conexión A19	108.46	51.56
Conexión A20	108.46	50.26
Conexión A21	108.46	50.56
Conexión A22	108.46	51.16
Conexión A23	108.46	50.96
Conexión A24	108.46	38.06
Conexión A25	108.46	45.56
Conexión A26	108.46	45.16
Conexión A27	108.46	47.06
Conexión A28	108.46	49.06
Conexión A29	108.46	48.06
Conexión A30	108.46	48.36
Conexión B1	108.46	45.46
Conexión B2	108.46	45.36
Conexión B3	108.46	35.96
Conexión B4	108.46	33.16
Conexión B5	108.46	32.96
Conexión B6	108.46	33.66
Conexión B7	108.46	34.16

Conexión B8	108.46	35.26
Conexión B9	108.46	40.06
Conexión B10	108.46	41.86
Conexión B11	108.46	41.06
Conexión B12	108.46	39.26
Conexión B13	108.46	39.16
Conexión B14	108.46	40.06
Conexión B15	108.46	40.26
Conexión B16	108.46	39.56
Conexión B17	108.46	39.46
Conexión B18	108.46	40.26
Conexión B19	108.46	40.86
Conexión B20	108.46	41.96
Conexión B21	108.46	43.66
Conexión B22	108.46	45.56
Conexión B23	108.46	44.96
Conexión B24	108.46	41.86
Conexión B25	108.46	43.66
Conexión B26	108.46	45.56
Conexión B27	108.46	34.76
Conexión B28	108.46	44.56
Conexión B29	108.46	46.66
Conexión B30	108.46	47.86
Conexión B31	108.46	48.26
Conexión B32	108.46	48.76
Conexión C1	108.46	45.46
Conexión C2	108.46	45.36
Conexión C3	108.46	39.56
Conexión C4	108.46	38.06
Conexión C5	108.46	37.06
Conexión C6	108.46	35.86
Conexión C7	108.46	38.26
Conexión C8	108.46	41.16
Conexión C9	108.46	36.96
Conexión C10	108.46	35.76
Conexión C11	108.46	37.06
Conexión C12	108.46	37.96
Conexión C13	108.46	38.26
Conexión C14	108.46	38.06
Conexión C15	108.46	37.76
Conexión C16	108.46	45.86
Conexión C17	108.46	41.86
Conexión C18	108.46	44.76
Conexión 1	108.46	45.46
Conexión D1	108.45	45.45

Conexión D2	108.37	45.27
Conexión D3	108.06	39.16
Conexión D4	106.70	36.30
Conexión D5	106.06	35.86
Conexión D6	104.44	36.64
Conexión D7	103.90	31.20
Conexión D8	103.22	32.72
Conexión D9	102.97	32.57
Conexión D10	102.39	31.99
Conexión D11	100.84	31.74
Conexión D12	100.01	31.51
Conexión D13	98.98	32.38
Conexión D14	98.75	32.55
Conexión D15	98.64	32.04
Conexión D16	98.02	30.82
Conexión D17	95.01	25.31
Conexión D18	94.51	23.61
Conexión D19	93.87	22.97
Conexión D20	92.70	23.10
Conexión D21	90.02	22.92
Conexión D22	97.90	31.70
Conexión D23	98.69	29.59
Conexión D24	95.58	20.98
Conexión D25	95.50	20.60
Conexión D26	95.21	20.41
Conexión D27	90.94	24.54
Conexión D28	89.32	26.82
Conexión D29	89.12	27.62
Conexión D30	87.41	24.71
Conexión D31	85.68	27.58
Conexión D32	84.09	26.49
Conexión D33	80.15	22.45
Conexión D34	88.81	28.81
Conexión D35	86.28	22.48
Conexión D36	85.34	20.84
Conexión D37	83.84	24.84
Conexión D38	93.81	25.01
Conexión D39	94.38	23.68
Conexión D40	93.23	21.93
Conexión D41	92.06	23.36
Conexión D42	90.79	23.29
Conexión D43	89.30	25.10

Altura y presión en nudos con Sector 4 trabajando (diámetros modificados)

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	0.00	0.00
Tubería Tub2	0.00	0.00
Tubería Tub3	0.00	0.00
Tubería Tub4	0.00	0.00
Tubería Tub5	0.00	0.00
Tubería Tub6	0.00	0.00
Tubería Tub7	0.00	0.00
Tubería Tub8	0.00	0.00
Tubería Tub9	0.00	0.00
Tubería Tub10	0.00	0.00
Tubería Tub11	0.00	0.00
Tubería Tub12	0.00	0.00
Tubería Tub13	0.00	0.00
Tubería Tub14	0.00	0.00
Tubería Tub15	0.00	0.00
Tubería Tub16	0.00	0.00
Tubería Tub17	0.00	0.00
Tubería Tub18	0.00	0.00
Tubería Tub19	0.00	0.00
Tubería Tub20	0.00	0.00
Tubería Tub21	0.00	0.00
Tubería Tub22	0.00	0.00
Tubería Tub23	0.00	0.00
Tubería Tub24	0.00	0.00
Tubería Tub25	0.00	0.00
Tubería Tub26	0.00	0.00
Tubería Tub27	0.00	0.00
Tubería Tub28	0.00	0.00
Tubería Tub29	0.00	0.00
Tubería Tub30	0.00	0.00
Tubería Tub31	0.00	0.00
Tubería Tub32	0.00	0.00
Tubería Tub33	0.00	0.00
Tubería Tub34	0.00	0.00
Tubería Tub35	0.00	0.00
Tubería Tub36	0.00	0.00
Tubería Tub37	0.00	0.00
Tubería Tub38	0.00	0.00
Tubería Tub39	0.00	0.00
Tubería Tub40	0.00	0.00
Tubería Tub41	0.00	0.00
Tubería Tub42	0.00	0.00
Tubería Tub43	0.00	0.00

Tubería Tub44	0.00	0.00
Tubería Tub45	0.00	0.00
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00
Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00

Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00
Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00

Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00
Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	0.00	0.00
Tubería Tub401	92.78	1.31
Tubería Tub402	92.78	1.31
Tubería Tub403	92.78	2.13
Tubería Tub404	92.78	1.31
Tubería Tub405	92.78	2.13
Tubería Tub406	92.78	1.31
Tubería Tub407	92.78	1.31
Tubería Tub408	92.78	1.31
Tubería Tub409	92.78	1.31
Tubería Tub4010	92.78	2.13
Tubería Tub4011	84.46	1.94
Tubería Tub4012	77.06	1.77
Tubería Tub4013	36.86	0.88
Tubería Tub4014	31.47	0.75
Tubería Tub4015	19.85	1.83
Tubería Tub4016	19.85	1.83
Tubería Tub4017	5.51	0.70
Tubería Tub4018	3.56	0.91
Tubería Tub4019	3.56	1.29
Tubería Tub4020	3.56	1.29
Tubería Tub4021	2.43	1.44
Tubería Tub4022	40.20	0.96
Tubería Tub4023	38.56	2.16
Tubería Tub4024	38.56	0.92
Tubería Tub4025	33.61	1.89
Tubería Tub4026	29.48	2.16
Tubería Tub4027	19.84	1.83
Tubería Tub4028	14.11	1.30
Tubería Tub4029	13.70	1.26
Tubería Tub4030	7.44	1.32
Tubería Tub4031	5.55	0.99
Tubería Tub4032	2.02	1.19
Tubería Tub4033	0.41	0.24

Tubería Tub4034	4.06	1.04
Tubería Tub4035	4.06	1.04
Tubería Tub4036	1.89	1.12
Tubería Tub4037	6.55	1.67
Tubería Tub4038	14.34	1.70
Tubería Tub4039	11.54	1.37
Tubería Tub4040	11.54	1.37
Tubería Tub4041	9.52	1.69
Tubería Tub4042	3.28	1.19

Caudal y velocidad en líneas con Sector 4 trabajando (diámetros modificados)

Sector 5 trabajando (diámetros modificados)

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	107.64	44.64
Conexión N2	107.32	44.22
Conexión N3	104.15	40.55
Conexión N4	95.79	33.79
Conexión N5	87.40	31.00
Conexión N6	85.49	31.29
Conexión N7	84.16	30.76
Conexión N8	80.43	27.03
Conexión N9	107.22	44.92
Conexión N10	106.15	46.15
Conexión N11	102.48	46.98
Conexión N12	99.42	45.32
Conexión N13	98.41	39.01
Conexión N14	106.63	45.03
Conexión N15	105.65	44.85
Conexión N16	105.26	44.66
Conexión N17	103.77	43.27
Conexión N18	103.08	42.98
Conexión N19	102.66	42.76
Conexión N20	101.73	33.93
Conexión N21	100.52	31.62
Conexión N22	99.59	31.59
Conexión N23	97.55	26.75
Conexión N24	96.11	25.51
Conexión N25	95.40	24.80

Conexión N26	94.93	25.03
Conexión N27	94.09	25.59
Conexión N28	93.36	27.56
Conexión N29	93.16	27.56
Conexión N30	92.22	28.32
Conexión N31	91.57	28.67
Conexión N32	89.71	28.51
Conexión N33	88.70	29.40
Conexión N34	87.96	29.16
Conexión N35	94.80	40.10
Conexión N36	92.97	40.37
Conexión N37	96.35	25.65
Conexión N38	95.78	25.18
Conexión N39	95.05	24.45
Conexión N40	93.73	23.03
Conexión N41	95.26	25.86
Conexión N42	95.22	27.22
Conexión N43	94.65	22.45
Conexión N44	93.25	22.65
Conexión N45	91.52	24.72
Conexión N46	90.92	23.02
Conexión A1	107.64	44.64
Conexión A2	107.64	44.54
Conexión A3	107.64	43.04
Conexión A4	107.64	38.74
Conexión A5	107.64	35.14
Conexión A6	107.64	38.64
Conexión A7	107.64	40.14
Conexión A8	107.64	41.94
Conexión A9	107.64	41.94
Conexión A10	107.64	42.04
Conexión A11	107.64	42.34
Conexión A12	107.64	43.34
Conexión A13	107.64	42.74
Conexión A14	107.64	42.84
Conexión A15	107.64	43.84
Conexión A16	107.64	46.04
Conexión A17	107.64	48.14
Conexión A18	107.64	49.04
Conexión A19	107.64	50.74
Conexión A20	107.64	49.44
Conexión A21	107.64	49.74
Conexión A22	107.64	50.34
Conexión A23	107.64	50.14
Conexión A24	107.64	37.24

Conexión A25	107.64	44.74
Conexión A26	107.64	44.34
Conexión A27	107.64	46.24
Conexión A28	107.64	48.24
Conexión A29	107.64	47.24
Conexión A30	107.64	47.54
Conexión B1	107.64	44.64
Conexión B2	107.64	44.54
Conexión B3	107.64	35.14
Conexión B4	107.64	32.34
Conexión B5	107.64	32.14
Conexión B6	107.64	32.84
Conexión B7	107.64	33.34
Conexión B8	107.64	34.44
Conexión B9	107.64	39.24
Conexión B10	107.64	41.04
Conexión B11	107.64	40.24
Conexión B12	107.64	38.44
Conexión B13	107.64	38.34
Conexión B14	107.64	39.24
Conexión B15	107.64	39.44
Conexión B16	107.64	38.74
Conexión B17	107.64	38.64
Conexión B18	107.64	39.44
Conexión B19	107.64	40.04
Conexión B20	107.64	41.14
Conexión B21	107.64	42.84
Conexión B22	107.64	44.74
Conexión B23	107.64	44.14
Conexión B24	107.64	41.04
Conexión B25	107.64	42.84
Conexión B26	107.64	44.74
Conexión B27	107.64	33.94
Conexión B28	107.64	43.74
Conexión B29	107.64	45.84
Conexión B30	107.64	47.04
Conexión B31	107.64	47.44
Conexión B32	107.64	47.94
Conexión C1	107.64	44.64
Conexión C2	107.64	44.54
Conexión C3	107.64	38.74
Conexión C4	107.64	37.24
Conexión C5	107.64	36.24
Conexión C6	107.64	35.04
Conexión C7	107.64	37.44

Conexión C8	107.64	40.34
Conexión C9	107.64	36.14
Conexión C10	107.64	34.94
Conexión C11	107.64	36.24
Conexión C12	107.64	37.14
Conexión C13	107.64	37.44
Conexión C14	107.64	37.24
Conexión C15	107.64	36.94
Conexión C16	107.64	45.04
Conexión C17	107.64	41.04
Conexión C18	107.64	43.94
Conexión 1	107.64	44.64
Conexión D1	107.64	44.64
Conexión D2	107.64	44.54
Conexión D3	107.64	38.74
Conexión D4	107.64	37.24
Conexión D5	107.64	37.44
Conexión D6	107.64	39.84
Conexión D7	107.64	34.94
Conexión D8	107.64	37.14
Conexión D9	107.64	37.24
Conexión D10	107.64	37.24
Conexión D11	107.64	38.54
Conexión D12	107.64	39.14
Conexión D13	107.64	41.04
Conexión D14	107.64	41.44
Conexión D15	107.64	41.04
Conexión D16	107.64	40.44
Conexión D17	107.64	37.94
Conexión D18	107.64	36.74
Conexión D19	107.64	36.74
Conexión D20	107.64	38.04
Conexión D21	107.64	40.54
Conexión D22	107.64	41.44
Conexión D23	107.64	38.54
Conexión D24	107.64	33.04
Conexión D25	107.64	32.74
Conexión D26	107.64	32.84
Conexión D27	107.64	41.24
Conexión D28	107.64	45.14
Conexión D29	107.64	46.14
Conexión D30	107.64	44.94
Conexión D31	107.64	49.54
Conexión D32	107.64	50.04
Conexión D33	107.64	49.94

Conexión D34	107.64	47.64
Conexión D35	107.64	43.84
Conexión D36	107.64	43.14
Conexión D37	107.64	48.64
Conexión D38	107.64	38.84
Conexión D39	107.64	36.94
Conexión D40	107.64	36.34
Conexión D41	107.64	38.94
Conexión D42	107.64	40.14
Conexión D43	107.64	43.44

Altura y presión en nudos con Sector 5 trabajando (diámetros modificados)

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	98.76	2.27
Tubería Tub2	15.44	1.83
Tubería Tub3	13.83	2.46
Tubería Tub4	9.01	2.30
Tubería Tub5	3.75	1.36
Tubería Tub6	2.02	1.19
Tubería Tub7	2.02	1.19
Tubería Tub8	83.32	1.91
Tubería Tub9	24.31	2.24
Tubería Tub10	12.47	2.22
Tubería Tub11	5.54	2.01
Tubería Tub12	2.77	1.64
Tubería Tub13	59.01	2.12
Tubería Tub14	56.21	2.02
Tubería Tub15	56.21	2.02
Tubería Tub16	56.21	2.02
Tubería Tub17	52.12	1.87
Tubería Tub18	52.12	1.87
Tubería Tub19	48.96	1.76
Tubería Tub20	48.96	1.76
Tubería Tub21	43.42	2.44
Tubería Tub22	43.42	2.44
Tubería Tub23	27.96	1.57
Tubería Tub24	25.82	1.45
Tubería Tub25	24.78	1.39
Tubería Tub26	22.07	1.62
Tubería Tub27	18.48	1.35
Tubería Tub28	17.66	1.29
Tubería Tub29	15.71	1.15

Tubería Tub30	3.62	1.32
Tubería Tub31	3.62	1.32
Tubería Tub32	1.95	0.71
Tubería Tub33	1.95	0.71
Tubería Tub34	3.16	1.87
Tubería Tub35	1.58	0.93
Tubería Tub36	13.16	1.21
Tubería Tub37	9.29	1.10
Tubería Tub38	7.24	1.29
Tubería Tub39	7.24	1.29
Tubería Tub40	2.05	0.74
Tubería Tub41	0.82	0.30
Tubería Tub42	2.71	0.48
Tubería Tub43	0.82	0.21
Tubería Tub44	12.09	1.11
Tubería Tub45	4.44	1.13
Tubería Tub201	0.00	0.00
Tubería Tub202	0.00	0.00
Tubería Tub203	0.00	0.00
Tubería Tub204	0.00	0.00
Tubería Tub205	0.00	0.00
Tubería Tub206	0.00	0.00
Tubería Tub207	0.00	0.00
Tubería Tub208	0.00	0.00
Tubería Tub209	0.00	0.00
Tubería Tub210	0.00	0.00
Tubería Tub211	0.00	0.00
Tubería Tub212	0.00	0.00
Tubería Tub213	0.00	0.00
Tubería Tub214	0.00	0.00
Tubería Tub215	0.00	0.00
Tubería Tub216	0.00	0.00
Tubería Tub217	0.00	0.00
Tubería Tub218	0.00	0.00
Tubería Tub219	0.00	0.00
Tubería Tub220	0.00	0.00
Tubería Tub221	0.00	0.00
Tubería Tub222	0.00	0.00
Tubería Tub223	0.00	0.00
Tubería Tub224	0.00	0.00
Tubería Tub225	0.00	0.00
Tubería Tub226	0.00	0.00
Tubería Tub227	0.00	0.00
Tubería Tub228	0.00	0.00
Tubería Tub229	0.00	0.00

Tubería Tub2021	0.00	0.00
Tubería Tub2022	0.00	0.00
Tubería Tub2023	0.00	0.00
Tubería Tub2024	0.00	0.00
Tubería Tub2025	0.00	0.00
Tubería Tub2026	0.00	0.00
Tubería Tub2027	0.00	0.00
Tubería Tub2028	0.00	0.00
Tubería Tub2029	0.00	0.00
Tubería Tub20210	0.00	0.00
Tubería Tub20211	0.00	0.00
Tubería Tub20212	0.00	0.00
Tubería Tub20213	0.00	0.00
Tubería Tub20214	0.00	0.00
Tubería Tub20215	0.00	0.00
Tubería Tub20216	0.00	0.00
Tubería Tub20217	0.00	0.00
Tubería Tub20218	0.00	0.00
Tubería Tub20219	0.00	0.00
Tubería Tub20220	0.00	0.00
Tubería Tub20221	0.00	0.00
Tubería Tub20222	0.00	0.00
Tubería Tub20223	0.00	0.00
Tubería Tub20224	0.00	0.00
Tubería Tub20225	0.00	0.00
Tubería Tub20226	0.00	0.00
Tubería Tub20227	0.00	0.00
Tubería Tub20228	0.00	0.00
Tubería Tub20229	0.00	0.00
Tubería Tub20230	0.00	0.00
Tubería Tub20231	0.00	0.00
Tubería Tub301	0.00	0.00
Tubería Tub302	0.00	0.00
Tubería Tub303	0.00	0.00
Tubería Tub304	0.00	0.00
Tubería Tub305	0.00	0.00
Tubería Tub306	0.00	0.00
Tubería Tub307	0.00	0.00
Tubería Tub308	0.00	0.00
Tubería Tub309	0.00	0.00
Tubería Tub3010	0.00	0.00
Tubería Tub3011	0.00	0.00
Tubería Tub3012	0.00	0.00
Tubería Tub3013	0.00	0.00
Tubería Tub3014	0.00	0.00

Tubería Tub3015	0.00	0.00
Tubería Tub3016	0.00	0.00
Tubería Tub3017	0.00	0.00
Tubería 1	0.00	0.00
Tubería 2	0.00	0.00
Tubería 3	0.00	0.00
Tubería 4	98.76	0.50
Tubería Tub401	0.00	0.00
Tubería Tub402	0.00	0.00
Tubería Tub403	0.00	0.00
Tubería Tub404	0.00	0.00
Tubería Tub405	0.00	0.00
Tubería Tub406	0.00	0.00
Tubería Tub407	0.00	0.00
Tubería Tub408	0.00	0.00
Tubería Tub409	0.00	0.00
Tubería Tub4010	0.00	0.00
Tubería Tub4011	0.00	0.00
Tubería Tub4012	0.00	0.00
Tubería Tub4013	0.00	0.00
Tubería Tub4014	0.00	0.00
Tubería Tub4015	0.00	0.00
Tubería Tub4016	0.00	0.00
Tubería Tub4017	0.00	0.00
Tubería Tub4018	0.00	0.00
Tubería Tub4019	0.00	0.00
Tubería Tub4020	0.00	0.00
Tubería Tub4021	0.00	0.00
Tubería Tub4022	0.00	0.00
Tubería Tub4023	0.00	0.00
Tubería Tub4024	0.00	0.00
Tubería Tub4025	0.00	0.00
Tubería Tub4026	0.00	0.00
Tubería Tub4027	0.00	0.00
Tubería Tub4028	0.00	0.00
Tubería Tub4029	0.00	0.00
Tubería Tub4030	0.00	0.00
Tubería Tub4031	0.00	0.00
Tubería Tub4032	0.00	0.00
Tubería Tub4033	0.00	0.00
Tubería Tub4034	0.00	0.00
Tubería Tub4035	0.00	0.00
Tubería Tub4036	0.00	0.00
Tubería Tub4037	0.00	0.00
Tubería Tub4038	0.00	0.00

Tubería Tub4039	0.00	0.00
Tubería Tub4040	0.00	0.00
Tubería Tub4041	0.00	0.00
Tubería Tub4042	0.00	0.00

Caudal y velocidad en líneas con Sector 5 trabajando (diámetros modificados)

5.2. Resultados hidráulicos bajo demanda

Caso 1: trabajando con Q max de funcionamiento

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	111.92	48.92
Conexión N2	111.91	48.81
Conexión N3	111.80	48.20
Conexión N4	111.54	49.54
Conexión N5	111.28	54.88
Conexión N6	111.22	57.02
Conexión N7	111.17	57.77
Conexión N8	111.04	57.64
Conexión N9	111.90	49.60
Conexión N10	111.87	51.87
Conexión N11	111.75	56.25
Conexión N12	111.66	57.56
Conexión N13	111.62	52.22
Conexión N14	111.88	50.28
Conexión N15	111.85	51.05
Conexión N16	111.84	51.24
Conexión N17	111.80	51.30
Conexión N18	111.77	51.67
Conexión N19	111.76	51.86
Conexión N20	111.73	43.93
Conexión N21	111.69	42.79
Conexión N22	111.67	43.67
Conexión N23	111.60	40.80
Conexión N24	111.56	40.96
Conexión N25	111.53	40.93
Conexión N26	111.52	41.62
Conexión N27	111.49	42.99
Conexión N28	111.47	45.67
Conexión N29	111.46	45.86
Conexión N30	111.43	47.53

Conexión N31	111.41	48.51
Conexión N32	111.35	50.15
Conexión N33	111.31	52.01
Conexión N34	111.29	52.49
Conexión N35	111.50	56.80
Conexión N36	111.44	58.84
Conexión N37	111.56	40.86
Conexión N38	111.54	40.94
Conexión N39	111.52	40.92
Conexión N40	111.48	40.78
Conexión N41	111.53	42.13
Conexión N42	111.53	43.53
Conexión N43	111.51	39.31
Conexión N44	111.47	40.87
Conexión N45	111.41	44.61
Conexión N46	111.39	43.49
Conexión A1	111.92	48.92
Conexión A2	111.91	48.81
Conexión A3	111.90	47.30
Conexión A4	111.88	42.98
Conexión A5	111.86	39.36
Conexión A6	111.83	42.83
Conexión A7	111.77	44.27
Conexión A8	111.70	46.00
Conexión A9	111.69	45.99
Conexión A10	111.68	46.08
Conexión A11	111.67	46.37
Conexión A12	111.64	47.34
Conexión A13	111.58	46.68
Conexión A14	111.51	46.71
Conexión A15	111.46	47.66
Conexión A16	111.44	49.84
Conexión A17	111.40	51.90
Conexión A18	111.38	52.78
Conexión A19	111.32	54.42
Conexión A20	111.29	53.09
Conexión A21	111.28	53.38
Conexión A22	111.25	53.95
Conexión A23	111.23	53.73
Conexión A24	111.66	41.26
Conexión A25	111.55	48.65
Conexión A26	111.50	48.20
Conexión A27	111.48	50.08
Conexión A28	111.39	51.99
Conexión A29	111.36	50.96

Conexión A30	111.35	51.25
Conexión B1	111.92	48.92
Conexión B2	111.90	48.80
Conexión B3	111.82	39.32
Conexión B4	111.77	36.47
Conexión B5	111.76	36.26
Conexión B6	111.73	36.93
Conexión B7	111.70	37.40
Conexión B8	111.67	38.47
Conexión B9	111.58	43.18
Conexión B10	111.53	44.93
Conexión B11	111.50	44.10
Conexión B12	111.45	42.25
Conexión B13	111.42	42.12
Conexión B14	111.40	43.00
Conexión B15	111.38	43.18
Conexión B16	111.33	42.43
Conexión B17	111.31	42.31
Conexión B18	111.29	43.09
Conexión B19	111.26	43.66
Conexión B20	111.22	44.72
Conexión B21	111.19	46.39
Conexión B22	111.15	48.25
Conexión B23	111.10	47.60
Conexión B24	111.50	44.90
Conexión B25	111.33	46.53
Conexión B26	111.27	48.37
Conexión B27	111.42	37.72
Conexión B28	111.16	47.26
Conexión B29	111.10	49.30
Conexión B30	111.02	50.42
Conexión B31	110.93	50.73
Conexión B32	110.91	51.21
Conexión C1	111.92	48.92
Conexión C2	111.91	48.81
Conexión C3	111.88	42.98
Conexión C4	111.85	41.45
Conexión C5	111.79	40.39
Conexión C6	111.75	39.15
Conexión C7	111.70	41.50
Conexión C8	111.62	44.32
Conexión C9	111.55	40.05
Conexión C10	111.53	38.83
Conexión C11	111.43	40.03
Conexión C12	111.39	40.89

Conexión C13	111.39	41.19
Conexión C14	111.36	40.96
Conexión C15	111.35	40.65
Conexión C16	111.35	48.75
Conexión C17	111.32	44.72
Conexión C18	111.25	47.55
Conexión 1	111.92	48.92
Conexión D1	111.92	48.92
Conexión D2	111.91	48.81
Conexión D3	111.90	43.00
Conexión D4	111.86	41.46
Conexión D5	111.84	41.64
Conexión D6	111.79	43.99
Conexión D7	111.77	39.07
Conexión D8	111.75	41.25
Conexión D9	111.74	41.34
Conexión D10	111.73	41.33
Conexión D11	111.68	42.58
Conexión D12	111.65	43.15
Conexión D13	111.62	45.02
Conexión D14	111.61	45.41
Conexión D15	111.61	45.01
Conexión D16	111.59	44.39
Conexión D17	111.50	41.80
Conexión D18	111.48	40.58
Conexión D19	111.46	40.56
Conexión D20	111.42	41.82
Conexión D21	111.33	44.23
Conexión D22	111.58	45.38
Conexión D23	111.61	42.51
Conexión D24	111.52	36.92
Conexión D25	111.51	36.61
Conexión D26	111.50	36.70
Conexión D27	111.37	44.97
Conexión D28	111.32	48.82
Conexión D29	111.31	49.81
Conexión D30	111.26	48.56
Conexión D31	111.20	53.10
Conexión D32	111.15	53.55
Conexión D33	111.01	53.31
Conexión D34	111.31	51.31
Conexión D35	111.22	47.42
Conexión D36	111.19	46.69
Conexión D37	111.14	52.14
Conexión D38	111.45	42.65

Conexión D39	111.48	40.78
Conexión D40	111.44	40.14
Conexión D41	111.40	42.70
Conexión D42	111.36	43.86
Conexión D43	111.31	47.11

Altura y presión en nudos con Q max de funcionamiento

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	14.81	0.34
Tubería Tub2	2.32	0.27
Tubería Tub3	2.07	0.37
Tubería Tub4	1.35	0.35
Tubería Tub5	0.56	0.20
Tubería Tub6	0.30	0.18
Tubería Tub7	0.30	0.18
Tubería Tub8	12.50	0.29
Tubería Tub9	3.65	0.34
Tubería Tub10	1.87	0.33
Tubería Tub11	0.83	0.30
Tubería Tub12	0.42	0.25
Tubería Tub13	8.85	0.32
Tubería Tub14	8.43	0.30
Tubería Tub15	8.43	0.30
Tubería Tub16	8.43	0.30
Tubería Tub17	7.82	0.28
Tubería Tub18	7.82	0.28
Tubería Tub19	7.34	0.26
Tubería Tub20	7.34	0.26
Tubería Tub21	6.51	0.37
Tubería Tub22	6.51	0.37
Tubería Tub23	4.19	0.24
Tubería Tub24	3.87	0.22
Tubería Tub25	3.72	0.21
Tubería Tub26	3.31	0.24
Tubería Tub27	2.77	0.20
Tubería Tub28	2.65	0.19
Tubería Tub29	2.36	0.17
Tubería Tub30	0.54	0.20
Tubería Tub31	0.54	0.20
Tubería Tub32	0.29	0.11
Tubería Tub33	0.29	0.11
Tubería Tub34	0.47	0.28

Tubería Tub35	0.24	0.14
Tubería Tub36	1.97	0.18
Tubería Tub37	1.39	0.17
Tubería Tub38	1.09	0.19
Tubería Tub39	1.09	0.19
Tubería Tub40	0.31	0.11
Tubería Tub41	0.12	0.04
Tubería Tub42	0.41	0.07
Tubería Tub43	0.12	0.03
Tubería Tub44	1.81	0.17
Tubería Tub45	0.67	0.17
Tubería Tub201	12.26	0.28
Tubería Tub202	12.26	0.28
Tubería Tub203	12.09	0.28
Tubería Tub204	11.43	0.26
Tubería Tub205	10.94	0.25
Tubería Tub206	10.34	0.37
Tubería Tub207	10.09	0.36
Tubería Tub208	9.29	0.33
Tubería Tub209	9.29	0.33
Tubería Tub210	8.71	0.31
Tubería Tub211	8.71	0.31
Tubería Tub212	4.68	0.34
Tubería Tub213	4.06	0.37
Tubería Tub214	3.33	0.31
Tubería Tub215	2.02	0.19
Tubería Tub216	1.60	0.19
Tubería Tub217	1.22	0.14
Tubería Tub218	0.94	0.17
Tubería Tub219	0.94	0.17
Tubería Tub220	0.94	0.17
Tubería Tub221	0.94	0.17
Tubería Tub222	0.34	0.12
Tubería Tub223	0.58	0.10
Tubería Tub224	3.62	0.33
Tubería Tub225	2.27	0.27
Tubería Tub226	1.35	0.34
Tubería Tub227	0.66	0.24
Tubería Tub228	0.97	0.25
Tubería Tub229	0.23	0.08
Tubería Tub2021	8.75	0.31
Tubería Tub2022	8.75	0.31
Tubería Tub2023	8.75	0.31
Tubería Tub2024	8.75	0.31
Tubería Tub2025	8.75	0.31

Tubería Tub2026	8.20	0.29
Tubería Tub2027	7.70	0.28
Tubería Tub2028	7.08	0.40
Tubería Tub2029	6.53	0.37
Tubería Tub20210	5.57	0.31
Tubería Tub20211	5.32	0.30
Tubería Tub20212	4.20	0.24
Tubería Tub20213	4.20	0.24
Tubería Tub20214	4.20	0.24
Tubería Tub20215	3.16	0.23
Tubería Tub20216	3.16	0.23
Tubería Tub20217	3.05	0.28
Tubería Tub20218	3.05	0.28
Tubería Tub20219	3.05	0.28
Tubería Tub20220	1.61	0.19
Tubería Tub20221	0.67	0.17
Tubería Tub20222	0.67	0.17
Tubería Tub20223	0.96	0.35
Tubería Tub20224	0.96	0.35
Tubería Tub20225	0.34	0.20
Tubería Tub20226	0.51	0.13
Tubería Tub20227	0.94	0.17
Tubería Tub20228	0.93	0.24
Tubería Tub20229	0.93	0.24
Tubería Tub20230	0.93	0.24
Tubería Tub20231	0.41	0.10
Tubería Tub301	6.80	0.24
Tubería Tub302	6.80	0.24
Tubería Tub303	6.80	0.24
Tubería Tub304	6.56	0.37
Tubería Tub305	6.56	0.37
Tubería Tub306	6.56	0.37
Tubería Tub307	5.49	0.31
Tubería Tub308	3.86	0.28
Tubería Tub309	3.33	0.31
Tubería Tub3010	3.33	0.31
Tubería Tub3011	2.79	0.26
Tubería Tub3012	1.52	0.18
Tubería Tub3013	1.52	0.18
Tubería Tub3014	0.36	0.09
Tubería Tub3015	0.93	0.34
Tubería Tub3016	1.27	0.23
Tubería Tub3017	0.42	0.15
Tubería 1	12.26	0.06
Tubería 2	8.75	0.04

Tubería 3	6.80	0.03
Tubería 4	14.81	0.08
Tubería Tub401	13.92	0.20
Tubería Tub402	13.92	0.20
Tubería Tub403	13.92	0.32
Tubería Tub404	13.92	0.20
Tubería Tub405	13.92	0.32
Tubería Tub406	13.92	0.20
Tubería Tub407	13.92	0.20
Tubería Tub408	13.92	0.20
Tubería Tub409	13.92	0.20
Tubería Tub4010	13.92	0.32
Tubería Tub4011	12.67	0.29
Tubería Tub4012	11.56	0.27
Tubería Tub4013	5.53	0.13
Tubería Tub4014	4.72	0.11
Tubería Tub4015	2.98	0.27
Tubería Tub4016	2.98	0.27
Tubería Tub4017	0.83	0.11
Tubería Tub4018	0.53	0.14
Tubería Tub4019	0.53	0.19
Tubería Tub4020	0.53	0.19
Tubería Tub4021	0.36	0.22
Tubería Tub4022	6.03	0.14
Tubería Tub4023	5.78	0.32
Tubería Tub4024	5.78	0.14
Tubería Tub4025	5.04	0.28
Tubería Tub4026	4.42	0.32
Tubería Tub4027	2.98	0.27
Tubería Tub4028	2.12	0.19
Tubería Tub4029	2.06	0.19
Tubería Tub4030	1.12	0.20
Tubería Tub4031	0.83	0.15
Tubería Tub4032	0.30	0.18
Tubería Tub4033	0.06	0.04
Tubería Tub4034	0.61	0.16
Tubería Tub4035	0.61	0.16
Tubería Tub4036	0.28	0.17
Tubería Tub4037	0.98	0.25
Tubería Tub4038	2.15	0.26
Tubería Tub4039	1.73	0.21
Tubería Tub4040	1.73	0.21
Tubería Tub4041	1.43	0.25
Tubería Tub4042	0.49	0.18

Caudal y velocidad en líneas con Q max de funcionamiento

Caso 2: Trabajando con Q medio de funcionamiento

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	117.92	54.92
Conexión N2	117.92	54.82
Conexión N3	117.91	54.31
Conexión N4	117.88	55.88
Conexión N5	117.86	61.46
Conexión N6	117.85	63.65
Conexión N7	117.85	64.45
Conexión N8	117.84	64.44
Conexión N9	117.92	55.62
Conexión N10	117.91	57.91
Conexión N11	117.90	62.40
Conexión N12	117.89	63.79
Conexión N13	117.89	58.49
Conexión N14	117.91	56.31
Conexión N15	117.91	57.11
Conexión N16	117.91	57.31
Conexión N17	117.91	57.41
Conexión N18	117.90	57.80
Conexión N19	117.90	58.00
Conexión N20	117.90	50.10
Conexión N21	117.90	49.00
Conexión N22	117.89	49.89
Conexión N23	117.89	47.09
Conexión N24	117.88	47.28
Conexión N25	117.88	47.28
Conexión N26	117.88	47.98
Conexión N27	117.88	49.38
Conexión N28	117.88	52.08
Conexión N29	117.88	52.28
Conexión N30	117.87	53.97
Conexión N31	117.87	54.97
Conexión N32	117.87	56.67
Conexión N33	117.86	58.56
Conexión N34	117.86	59.06
Conexión N35	117.88	63.18
Conexión N36	117.88	65.28
Conexión N37	117.89	47.19
Conexión N38	117.88	47.28

Conexión N39	117.88	47.28
Conexión N40	117.88	47.18
Conexión N41	117.88	48.48
Conexión N42	117.88	49.88
Conexión N43	117.88	45.68
Conexión N44	117.88	47.28
Conexión N45	117.87	51.07
Conexión N46	117.87	49.97
Conexión A1	117.92	54.92
Conexión A2	117.92	54.82
Conexión A3	117.92	53.32
Conexión A4	117.91	49.01
Conexión A5	117.91	45.41
Conexión A6	117.91	48.91
Conexión A7	117.90	50.40
Conexión A8	117.90	52.20
Conexión A9	117.90	52.20
Conexión A10	117.90	52.30
Conexión A11	117.89	52.59
Conexión A12	117.89	53.59
Conexión A13	117.89	52.99
Conexión A14	117.88	53.08
Conexión A15	117.88	54.08
Conexión A16	117.87	56.27
Conexión A17	117.87	58.37
Conexión A18	117.87	59.27
Conexión A19	117.86	60.96
Conexión A20	117.86	59.66
Conexión A21	117.86	59.96
Conexión A22	117.86	60.56
Conexión A23	117.86	60.36
Conexión A24	117.89	47.49
Conexión A25	117.88	54.98
Conexión A26	117.88	54.58
Conexión A27	117.88	56.48
Conexión A28	117.87	58.47
Conexión A29	117.87	57.47
Conexión A30	117.87	57.77
Conexión B1	117.92	54.92
Conexión B2	117.92	54.82
Conexión B3	117.91	45.41
Conexión B4	117.90	42.60
Conexión B5	117.90	42.40
Conexión B6	117.90	43.10
Conexión B7	117.90	43.60

Conexión B8	117.90	44.70
Conexión B9	117.89	49.49
Conexión B10	117.88	51.28
Conexión B11	117.88	50.48
Conexión B12	117.88	48.68
Conexión B13	117.87	48.57
Conexión B14	117.87	49.47
Conexión B15	117.87	49.67
Conexión B16	117.86	48.96
Conexión B17	117.86	48.86
Conexión B18	117.86	49.66
Conexión B19	117.86	50.26
Conexión B20	117.85	51.35
Conexión B21	117.85	53.05
Conexión B22	117.85	54.95
Conexión B23	117.85	54.35
Conexión B24	117.88	51.28
Conexión B25	117.86	53.06
Conexión B26	117.86	54.96
Conexión B27	117.87	44.17
Conexión B28	117.85	53.95
Conexión B29	117.84	56.04
Conexión B30	117.84	57.24
Conexión B31	117.83	57.63
Conexión B32	117.83	58.13
Conexión C1	117.92	54.92
Conexión C2	117.92	54.82
Conexión C3	117.91	49.01
Conexión C4	117.91	47.51
Conexión C5	117.91	46.51
Conexión C6	117.90	45.30
Conexión C7	117.90	47.70
Conexión C8	117.89	50.59
Conexión C9	117.88	46.38
Conexión C10	117.88	45.18
Conexión C11	117.87	46.47
Conexión C12	117.87	47.37
Conexión C13	117.87	47.67
Conexión C14	117.87	47.47
Conexión C15	117.87	47.17
Conexión C16	117.87	55.27
Conexión C17	117.86	51.26
Conexión C18	117.86	54.16
Conexión 1	117.92	54.92
Conexión D1	117.92	54.92

Conexión D2	117.92	54.82
Conexión D3	117.92	49.02
Conexión D4	117.91	47.51
Conexión D5	117.91	47.71
Conexión D6	117.91	50.11
Conexión D7	117.90	45.20
Conexión D8	117.90	47.40
Conexión D9	117.90	47.50
Conexión D10	117.90	47.50
Conexión D11	117.90	48.80
Conexión D12	117.89	49.39
Conexión D13	117.89	51.29
Conexión D14	117.89	51.69
Conexión D15	117.89	51.29
Conexión D16	117.89	50.69
Conexión D17	117.88	48.18
Conexión D18	117.88	46.98
Conexión D19	117.88	46.98
Conexión D20	117.87	48.27
Conexión D21	117.87	50.77
Conexión D22	117.89	51.69
Conexión D23	117.89	48.79
Conexión D24	117.88	43.28
Conexión D25	117.88	42.98
Conexión D26	117.88	43.08
Conexión D27	117.87	51.47
Conexión D28	117.86	55.36
Conexión D29	117.86	56.36
Conexión D30	117.86	55.16
Conexión D31	117.85	59.75
Conexión D32	117.85	60.25
Conexión D33	117.84	60.14
Conexión D34	117.86	57.86
Conexión D35	117.86	54.06
Conexión D36	117.85	53.35
Conexión D37	117.85	58.85
Conexión D38	117.87	49.07
Conexión D39	117.88	47.18
Conexión D40	117.87	46.57
Conexión D41	117.87	49.17
Conexión D42	117.87	50.37
Conexión D43	117.86	53.66

Altura y presión en nudos con Q medio de funcionamiento

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	3.75	0.09
Tubería Tub2	0.59	0.07
Tubería Tub3	0.53	0.09
Tubería Tub4	0.34	0.09
Tubería Tub5	0.14	0.05
Tubería Tub6	0.08	0.05
Tubería Tub7	0.08	0.05
Tubería Tub8	3.17	0.07
Tubería Tub9	0.92	0.09
Tubería Tub10	0.47	0.08
Tubería Tub11	0.21	0.08
Tubería Tub12	0.11	0.06
Tubería Tub13	2.24	0.08
Tubería Tub14	2.14	0.08
Tubería Tub15	2.14	0.08
Tubería Tub16	2.14	0.08
Tubería Tub17	1.98	0.07
Tubería Tub18	1.98	0.07
Tubería Tub19	1.86	0.07
Tubería Tub20	1.86	0.07
Tubería Tub21	1.65	0.09
Tubería Tub22	1.65	0.09
Tubería Tub23	1.06	0.06
Tubería Tub24	0.98	0.06
Tubería Tub25	0.94	0.05
Tubería Tub26	0.84	0.06
Tubería Tub27	0.70	0.05
Tubería Tub28	0.67	0.05
Tubería Tub29	0.60	0.04
Tubería Tub30	0.14	0.05
Tubería Tub31	0.14	0.05
Tubería Tub32	0.07	0.03
Tubería Tub33	0.07	0.03
Tubería Tub34	0.12	0.07
Tubería Tub35	0.06	0.04
Tubería Tub36	0.50	0.05
Tubería Tub37	0.35	0.04
Tubería Tub38	0.28	0.05
Tubería Tub39	0.28	0.05
Tubería Tub40	0.08	0.03
Tubería Tub41	0.03	0.01
Tubería Tub42	0.10	0.02
Tubería Tub43	0.03	0.01

Tubería Tub44	0.46	0.04
Tubería Tub45	0.17	0.04
Tubería Tub201	3.11	0.07
Tubería Tub202	3.11	0.07
Tubería Tub203	3.06	0.07
Tubería Tub204	2.90	0.07
Tubería Tub205	2.77	0.06
Tubería Tub206	2.62	0.09
Tubería Tub207	2.56	0.09
Tubería Tub208	2.35	0.08
Tubería Tub209	2.35	0.08
Tubería Tub210	2.21	0.08
Tubería Tub211	2.21	0.08
Tubería Tub212	1.19	0.09
Tubería Tub213	1.03	0.09
Tubería Tub214	0.84	0.08
Tubería Tub215	0.51	0.05
Tubería Tub216	0.40	0.05
Tubería Tub217	0.31	0.04
Tubería Tub218	0.24	0.04
Tubería Tub219	0.24	0.04
Tubería Tub220	0.24	0.04
Tubería Tub221	0.24	0.04
Tubería Tub222	0.09	0.03
Tubería Tub223	0.15	0.03
Tubería Tub224	0.92	0.08
Tubería Tub225	0.58	0.07
Tubería Tub226	0.34	0.09
Tubería Tub227	0.17	0.06
Tubería Tub228	0.25	0.06
Tubería Tub229	0.06	0.02
Tubería Tub2021	2.22	0.08
Tubería Tub2022	2.22	0.08
Tubería Tub2023	2.22	0.08
Tubería Tub2024	2.22	0.08
Tubería Tub2025	2.22	0.08
Tubería Tub2026	2.08	0.07
Tubería Tub2027	1.95	0.07
Tubería Tub2028	1.79	0.10
Tubería Tub2029	1.65	0.09
Tubería Tub20210	1.41	0.08
Tubería Tub20211	1.35	0.08
Tubería Tub20212	1.06	0.06
Tubería Tub20213	1.06	0.06
Tubería Tub20214	1.06	0.06

Tubería Tub20215	0.80	0.06
Tubería Tub20216	0.80	0.06
Tubería Tub20217	0.77	0.07
Tubería Tub20218	0.77	0.07
Tubería Tub20219	0.77	0.07
Tubería Tub20220	0.41	0.05
Tubería Tub20221	0.17	0.04
Tubería Tub20222	0.17	0.04
Tubería Tub20223	0.24	0.09
Tubería Tub20224	0.24	0.09
Tubería Tub20225	0.09	0.05
Tubería Tub20226	0.13	0.03
Tubería Tub20227	0.24	0.04
Tubería Tub20228	0.24	0.06
Tubería Tub20229	0.24	0.06
Tubería Tub20230	0.24	0.06
Tubería Tub20231	0.10	0.03
Tubería Tub301	1.72	0.06
Tubería Tub302	1.72	0.06
Tubería Tub303	1.72	0.06
Tubería Tub304	1.66	0.09
Tubería Tub305	1.66	0.09
Tubería Tub306	1.66	0.09
Tubería Tub307	1.39	0.08
Tubería Tub308	0.98	0.07
Tubería Tub309	0.84	0.08
Tubería Tub3010	0.84	0.08
Tubería Tub3011	0.71	0.07
Tubería Tub3012	0.39	0.05
Tubería Tub3013	0.39	0.05
Tubería Tub3014	0.09	0.02
Tubería Tub3015	0.23	0.09
Tubería Tub3016	0.32	0.06
Tubería Tub3017	0.11	0.04
Tubería 1	3.11	0.02
Tubería 2	2.22	0.01
Tubería 3	1.72	0.01
Tubería 4	3.75	0.02
Tubería Tub401	3.53	0.05
Tubería Tub402	3.53	0.05
Tubería Tub403	3.53	0.08
Tubería Tub404	3.53	0.05
Tubería Tub405	3.53	0.08
Tubería Tub406	3.53	0.05
Tubería Tub407	3.53	0.05

Tubería Tub408	3.53	0.05
Tubería Tub409	3.53	0.05
Tubería Tub4010	3.53	0.08
Tubería Tub4011	3.21	0.07
Tubería Tub4012	2.93	0.07
Tubería Tub4013	1.40	0.03
Tubería Tub4014	1.20	0.03
Tubería Tub4015	0.75	0.07
Tubería Tub4016	0.75	0.07
Tubería Tub4017	0.21	0.03
Tubería Tub4018	0.14	0.03
Tubería Tub4019	0.14	0.05
Tubería Tub4020	0.14	0.05
Tubería Tub4021	0.09	0.05
Tubería Tub4022	1.53	0.04
Tubería Tub4023	1.47	0.08
Tubería Tub4024	1.47	0.03
Tubería Tub4025	1.28	0.07
Tubería Tub4026	1.12	0.08
Tubería Tub4027	0.75	0.07
Tubería Tub4028	0.54	0.05
Tubería Tub4029	0.52	0.05
Tubería Tub4030	0.28	0.05
Tubería Tub4031	0.21	0.04
Tubería Tub4032	0.08	0.05
Tubería Tub4033	0.02	0.01
Tubería Tub4034	0.15	0.04
Tubería Tub4035	0.15	0.04
Tubería Tub4036	0.07	0.04
Tubería Tub4037	0.25	0.06
Tubería Tub4038	0.54	0.06
Tubería Tub4039	0.44	0.05
Tubería Tub4040	0.44	0.05
Tubería Tub4041	0.36	0.06
Tubería Tub4042	0.12	0.05

Caudal y velocidad en líneas con Q medio de funcionamiento

Caso 3: trabajando con Q para tarifa económica de 8 horas

ID Nudo	Altura (m)	Presión (mca)
Conexión N1	117.92	54.92
Conexión N2	117.92	54.82
Conexión N3	117.91	54.31
Conexión N4	117.88	55.88
Conexión N5	117.86	61.46
Conexión N6	117.85	63.65
Conexión N7	117.85	64.45
Conexión N8	117.84	64.44
Conexión N9	117.92	55.62
Conexión N10	117.91	57.91
Conexión N11	117.90	62.40
Conexión N12	117.89	63.79
Conexión N13	117.89	58.49
Conexión N14	117.91	56.31
Conexión N15	117.91	57.11
Conexión N16	117.91	57.31
Conexión N17	117.91	57.41
Conexión N18	117.90	57.80
Conexión N19	117.90	58.00
Conexión N20	117.90	50.10
Conexión N21	117.90	49.00
Conexión N22	117.89	49.89
Conexión N23	117.89	47.09
Conexión N24	117.88	47.28
Conexión N25	117.88	47.28
Conexión N26	117.88	47.98
Conexión N27	117.88	49.38
Conexión N28	117.88	52.08
Conexión N29	117.88	52.28
Conexión N30	117.87	53.97
Conexión N31	117.87	54.97
Conexión N32	117.87	56.67
Conexión N33	117.86	58.56
Conexión N34	117.86	59.06
Conexión N35	117.88	63.18
Conexión N36	117.88	65.28
Conexión N37	117.89	47.19
Conexión N38	117.88	47.28
Conexión N39	117.88	47.28
Conexión N40	117.88	47.18
Conexión N41	117.88	48.48

Conexión N42	117.88	49.88
Conexión N43	117.88	45.68
Conexión N44	117.88	47.28
Conexión N45	117.87	51.07
Conexión N46	117.87	49.97
Conexión A1	117.92	54.92
Conexión A2	117.92	54.82
Conexión A3	117.92	53.32
Conexión A4	117.91	49.01
Conexión A5	117.91	45.41
Conexión A6	117.91	48.91
Conexión A7	117.90	50.40
Conexión A8	117.90	52.20
Conexión A9	117.90	52.20
Conexión A10	117.90	52.30
Conexión A11	117.89	52.59
Conexión A12	117.89	53.59
Conexión A13	117.89	52.99
Conexión A14	117.88	53.08
Conexión A15	117.88	54.08
Conexión A16	117.87	56.27
Conexión A17	117.87	58.37
Conexión A18	117.87	59.27
Conexión A19	117.86	60.96
Conexión A20	117.86	59.66
Conexión A21	117.86	59.96
Conexión A22	117.86	60.56
Conexión A23	117.86	60.36
Conexión A24	117.89	47.49
Conexión A25	117.88	54.98
Conexión A26	117.88	54.58
Conexión A27	117.88	56.48
Conexión A28	117.87	58.47
Conexión A29	117.87	57.47
Conexión A30	117.87	57.77
Conexión B1	117.92	54.92
Conexión B2	117.92	54.82
Conexión B3	117.91	45.41
Conexión B4	117.90	42.60
Conexión B5	117.90	42.40
Conexión B6	117.90	43.10
Conexión B7	117.90	43.60
Conexión B8	117.90	44.70
Conexión B9	117.89	49.49
Conexión B10	117.88	51.28

Conexión B11	117.88	50.48
Conexión B12	117.88	48.68
Conexión B13	117.87	48.57
Conexión B14	117.87	49.47
Conexión B15	117.87	49.67
Conexión B16	117.86	48.96
Conexión B17	117.86	48.86
Conexión B18	117.86	49.66
Conexión B19	117.86	50.26
Conexión B20	117.85	51.35
Conexión B21	117.85	53.05
Conexión B22	117.85	54.95
Conexión B23	117.85	54.35
Conexión B24	117.88	51.28
Conexión B25	117.86	53.06
Conexión B26	117.86	54.96
Conexión B27	117.87	44.17
Conexión B28	117.85	53.95
Conexión B29	117.84	56.04
Conexión B30	117.84	57.24
Conexión B31	117.83	57.63
Conexión B32	117.83	58.13
Conexión C1	117.92	54.92
Conexión C2	117.92	54.82
Conexión C3	117.91	49.01
Conexión C4	117.91	47.51
Conexión C5	117.91	46.51
Conexión C6	117.90	45.30
Conexión C7	117.90	47.70
Conexión C8	117.89	50.59
Conexión C9	117.88	46.38
Conexión C10	117.88	45.18
Conexión C11	117.87	46.47
Conexión C12	117.87	47.37
Conexión C13	117.87	47.67
Conexión C14	117.87	47.47
Conexión C15	117.87	47.17
Conexión C16	117.87	55.27
Conexión C17	117.86	51.26
Conexión C18	117.86	54.16
Conexión 1	117.92	54.92
Conexión D1	117.92	54.92
Conexión D2	117.92	54.82
Conexión D3	117.92	49.02
Conexión D4	117.91	47.51

Conexión D5	117.91	47.71
Conexión D6	117.91	50.11
Conexión D7	117.90	45.20
Conexión D8	117.90	47.40
Conexión D9	117.90	47.50
Conexión D10	117.90	47.50
Conexión D11	117.90	48.80
Conexión D12	117.89	49.39
Conexión D13	117.89	51.29
Conexión D14	117.89	51.69
Conexión D15	117.89	51.29
Conexión D16	117.89	50.69
Conexión D17	117.88	48.18
Conexión D18	117.88	46.98
Conexión D19	117.88	46.98
Conexión D20	117.87	48.27
Conexión D21	117.87	50.77
Conexión D22	117.89	51.69
Conexión D23	117.89	48.79
Conexión D24	117.88	43.28
Conexión D25	117.88	42.98
Conexión D26	117.88	43.08
Conexión D27	117.87	51.47
Conexión D28	117.86	55.36
Conexión D29	117.86	56.36
Conexión D30	117.86	55.16
Conexión D31	117.85	59.75
Conexión D32	117.85	60.25
Conexión D33	117.84	60.14
Conexión D34	117.86	57.86
Conexión D35	117.86	54.06
Conexión D36	117.85	53.35
Conexión D37	117.85	58.85
Conexión D38	117.87	49.07
Conexión D39	117.88	47.18
Conexión D40	117.87	46.57
Conexión D41	117.87	49.17
Conexión D42	117.87	50.37
Conexión D43	117.86	53.66

Altura y presión en nudos con Q económico de funcionamiento

ID Línea	Caudal (LPS)	Velocidad (m/s)
Tubería Tub1	3.75	0.09
Tubería Tub2	0.59	0.07
Tubería Tub3	0.53	0.09
Tubería Tub4	0.34	0.09
Tubería Tub5	0.14	0.05
Tubería Tub6	0.08	0.05
Tubería Tub7	0.08	0.05
Tubería Tub8	3.17	0.07
Tubería Tub9	0.92	0.09
Tubería Tub10	0.47	0.08
Tubería Tub11	0.21	0.08
Tubería Tub12	0.11	0.06
Tubería Tub13	2.24	0.08
Tubería Tub14	2.14	0.08
Tubería Tub15	2.14	0.08
Tubería Tub16	2.14	0.08
Tubería Tub17	1.98	0.07
Tubería Tub18	1.98	0.07
Tubería Tub19	1.86	0.07
Tubería Tub20	1.86	0.07
Tubería Tub21	1.65	0.09
Tubería Tub22	1.65	0.09
Tubería Tub23	1.06	0.06
Tubería Tub24	0.98	0.06
Tubería Tub25	0.94	0.05
Tubería Tub26	0.84	0.06
Tubería Tub27	0.70	0.05
Tubería Tub28	0.67	0.05
Tubería Tub29	0.60	0.04
Tubería Tub30	0.14	0.05
Tubería Tub31	0.14	0.05
Tubería Tub32	0.07	0.03
Tubería Tub33	0.07	0.03
Tubería Tub34	0.12	0.07
Tubería Tub35	0.06	0.04
Tubería Tub36	0.50	0.05
Tubería Tub37	0.35	0.04
Tubería Tub38	0.28	0.05
Tubería Tub39	0.28	0.05
Tubería Tub40	0.08	0.03
Tubería Tub41	0.03	0.01
Tubería Tub42	0.10	0.02
Tubería Tub43	0.03	0.01

Tubería Tub44	0.46	0.04
Tubería Tub45	0.17	0.04
Tubería Tub201	3.11	0.07
Tubería Tub202	3.11	0.07
Tubería Tub203	3.06	0.07
Tubería Tub204	2.90	0.07
Tubería Tub205	2.77	0.06
Tubería Tub206	2.62	0.09
Tubería Tub207	2.56	0.09
Tubería Tub208	2.35	0.08
Tubería Tub209	2.35	0.08
Tubería Tub210	2.21	0.08
Tubería Tub211	2.21	0.08
Tubería Tub212	1.19	0.09
Tubería Tub213	1.03	0.09
Tubería Tub214	0.84	0.08
Tubería Tub215	0.51	0.05
Tubería Tub216	0.40	0.05
Tubería Tub217	0.31	0.04
Tubería Tub218	0.24	0.04
Tubería Tub219	0.24	0.04
Tubería Tub220	0.24	0.04
Tubería Tub221	0.24	0.04
Tubería Tub222	0.09	0.03
Tubería Tub223	0.15	0.03
Tubería Tub224	0.92	0.08
Tubería Tub225	0.58	0.07
Tubería Tub226	0.34	0.09
Tubería Tub227	0.17	0.06
Tubería Tub228	0.25	0.06
Tubería Tub229	0.06	0.02
Tubería Tub2021	2.22	0.08
Tubería Tub2022	2.22	0.08
Tubería Tub2023	2.22	0.08
Tubería Tub2024	2.22	0.08
Tubería Tub2025	2.22	0.08
Tubería Tub2026	2.08	0.07
Tubería Tub2027	1.95	0.07
Tubería Tub2028	1.79	0.10
Tubería Tub2029	1.65	0.09
Tubería Tub20210	1.41	0.08
Tubería Tub20211	1.35	0.08
Tubería Tub20212	1.06	0.06
Tubería Tub20213	1.06	0.06
Tubería Tub20214	1.06	0.06

Tubería Tub20215	0.80	0.06
Tubería Tub20216	0.80	0.06
Tubería Tub20217	0.77	0.07
Tubería Tub20218	0.77	0.07
Tubería Tub20219	0.77	0.07
Tubería Tub20220	0.41	0.05
Tubería Tub20221	0.17	0.04
Tubería Tub20222	0.17	0.04
Tubería Tub20223	0.24	0.09
Tubería Tub20224	0.24	0.09
Tubería Tub20225	0.09	0.05
Tubería Tub20226	0.13	0.03
Tubería Tub20227	0.24	0.04
Tubería Tub20228	0.24	0.06
Tubería Tub20229	0.24	0.06
Tubería Tub20230	0.24	0.06
Tubería Tub20231	0.10	0.03
Tubería Tub301	1.72	0.06
Tubería Tub302	1.72	0.06
Tubería Tub303	1.72	0.06
Tubería Tub304	1.66	0.09
Tubería Tub305	1.66	0.09
Tubería Tub306	1.66	0.09
Tubería Tub307	1.39	0.08
Tubería Tub308	0.98	0.07
Tubería Tub309	0.84	0.08
Tubería Tub3010	0.84	0.08
Tubería Tub3011	0.71	0.07
Tubería Tub3012	0.39	0.05
Tubería Tub3013	0.39	0.05
Tubería Tub3014	0.09	0.02
Tubería Tub3015	0.23	0.09
Tubería Tub3016	0.32	0.06
Tubería Tub3017	0.11	0.04
Tubería 1	3.11	0.02
Tubería 2	2.22	0.01
Tubería 3	1.72	0.01
Tubería 4	3.75	0.02
Tubería Tub401	3.53	0.05
Tubería Tub402	3.53	0.05
Tubería Tub403	3.53	0.08
Tubería Tub404	3.53	0.05
Tubería Tub405	3.53	0.08
Tubería Tub406	3.53	0.05
Tubería Tub407	3.53	0.05

Tubería Tub408	3.53	0.05
Tubería Tub409	3.53	0.05
Tubería Tub4010	3.53	0.08
Tubería Tub4011	3.21	0.07
Tubería Tub4012	2.93	0.07
Tubería Tub4013	1.40	0.03
Tubería Tub4014	1.20	0.03
Tubería Tub4015	0.75	0.07
Tubería Tub4016	0.75	0.07
Tubería Tub4017	0.21	0.03
Tubería Tub4018	0.14	0.03
Tubería Tub4019	0.14	0.05
Tubería Tub4020	0.14	0.05
Tubería Tub4021	0.09	0.05
Tubería Tub4022	1.53	0.04
Tubería Tub4023	1.47	0.08
Tubería Tub4024	1.47	0.03
Tubería Tub4025	1.28	0.07
Tubería Tub4026	1.12	0.08
Tubería Tub4027	0.75	0.07
Tubería Tub4028	0.54	0.05
Tubería Tub4029	0.52	0.05
Tubería Tub4030	0.28	0.05
Tubería Tub4031	0.21	0.04
Tubería Tub4032	0.08	0.05
Tubería Tub4033	0.02	0.01
Tubería Tub4034	0.15	0.04
Tubería Tub4035	0.15	0.04
Tubería Tub4036	0.07	0.04
Tubería Tub4037	0.25	0.06
Tubería Tub4038	0.54	0.06
Tubería Tub4039	0.44	0.05
Tubería Tub4040	0.44	0.05
Tubería Tub4041	0.36	0.06
Tubería Tub4042	0.12	0.05

Caudal y velocidad en líneas con Q económico de funcionamiento

DOCUMENTO 2.
PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS.....	3
3. PRESUPUESTO.....	5
4. RESUMEN POR CAPÍTULO.....	7

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Justificación de precios por recursos.....	3
Tabla 2. Presupuesto del Capítulo 01. Sustitución de tuberías.....	5
Tabla 3. Presupuesto del Capítulo 02. Sustitución de bomba inyectora.....	5
Tabla 4. Resumen del presupuesto por capítulos.....	7

1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Para la realización del presupuesto económico se han tenido los siguientes aspectos:

- Se ha elaborado con el programa informático MENFIS 8, proporcionado por el departamento de Proyectos de la escuela.
- Para la estimación de precios se ha utilizado la base de datos del IVE 2017 (Instituto Valenciano de la Edificación).
- Para la máquina retroexcavadora se ha considerado que tarda 1 min por cada metro excavado.
- Se han tenido en cuenta un porcentaje de gastos auxiliares del 2% (transporte, programas informáticos, material de soporte).
- Se ha tenido en cuenta un 13% de gastos generales, de acuerdo a la energía consumida, limpieza de las instalaciones, mantenimiento, etc.)
- Por otra parte, se ha considerado un 6% de beneficio industrial.
- Se ha realizado el presupuesto, con la siguiente estructura por capítulos:

01. Sustitución de tuberías

02. Sustitución de bomba

2. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

En la siguiente Tabla, se pueden observar los diferentes precios y cantidades de los recursos necesarios para la realización del presente trabajo, agrupados en: mano de obra, maquinaria y material.

Mano de Obra					
OC	1,677	h	Oficial de construcción	15,77	26,45
PO	179,010	h	Peón ordinario	10,28	1.840,22
Total Mano de Obra					1.866,67
Maquinaria					
RE	76,290	h	Retroexcavadora	41,01	3.128,65
Total Maquinaria					3.128,65
Material					
BC	1,000	u	Bomba centrífuga con un variador de frecuencia conectada a un caudalímetro	529,96	529,96
TUB231	28,700	m	Tubería de PVC de 250 mm de diámetro 6 atm de junta elástica	19,78	567,69
TUB300	479,900	m	Tubería de PVC de 315 mm de diámetro 6 atm de junta elástica	34,40	16.508,56
Total Material					17.606,21
Subcontrata					
Presupuesto Total por cantidades					22.601,53
Costes indirectos y redondeos:					446,63

Tabla 1. Justificación de precios por recursos

3. PRESUPUESTO

A continuación se muestra en la siguiente tabla el presupuesto económico del capítulo 1:

Capítulo: 01		SUSTITUCIÓN TUBERÍAS			
01.01 ZANJA	508,60	m	Excavación zanja Excavación zanja	7,86	3.997,6
01.02 DTUB	508,60	m	Desmontaje tuberías Desmontaje tuberías	1,06	539,12
01.03 MTUB30 0	479,90	m	Montaje tuberías 300 mm Montaje tuberías 300 mm	36,15	17.348,39
01.04 MTUB25 0	28,70	m	Montaje tuberías 250 mm Montaje tuberías 250 mm	21,24	609,59
Total capítulo: 01					22.494,70

Tabla 2. Presupuesto del Capítulo 01. Sustitución de tuberías

Por otra parte, se muestra en la siguiente tabla el presupuesto obtenido para el capítulo 2, que indica el cambio de la bomba de inyección:

Capítulo: 02		SUSTITUCIÓN BOMBA			
02.01 BC	1,00	u	Bomba centrífuga con un variador de frecuencia conectada a un caudalímetro Bomba centrífuga con un variador de frecuencia conectada a un caudalímetro	529,96	529,96
02.02 PO	1,00	h	Peón ordinario Peón ordinario	10,28	10,28
02.03 OC	0,15	h	Oficial de construcción Oficial de construcción	15,77	2,37
02.04 AUX	0,02		Costes auxiliares 2% Costes auxiliares 2%	542,61	10,85
Total capítulo: 02					553,46
Total presupuesto					23.048,16

Tabla 3. Presupuesto del Capítulo 02. Sustitución de bomba inyectora

4. PRESUPUESTO ECONÓMICO

Por último, se muestra a continuación un resumen por capítulos del resultado total del presupuesto realizado en la siguiente tabla:

Capítulo: 01	SUSTITUCIÓN TUBERÍAS	22.494,70
Capítulo: 02	SUSTITUCIÓN BOMBA	553,46
Suma Ejecución Material		23.048,16
Asciende el presupuesto de Ejecución Material a la expresada cantidad de: VEINTITRES MIL CUARENTA Y OCHO EUROS CON DIECISEIS CÉNTIMOS		
Total Presupuesto de Ejecución Material		23.048,16
13 % Gastos Generales		2.996,26
6 % Beneficio Industrial		1.382,89
Suma de Gastos Generales y Beneficio Industrial		4.379,15
Total Presupuesto de Inversión		27.427,31
21 % I.V.A.		5.759,74
Total Presupuesto de Ejecución por contrata		33.187,05
Asciende el presupuesto de Ejecución por Contrata a la expresada cantidad de TREINTA Y TRES MIL CIENTO OCHENTA Y SIETE EUROS CON CINCO CÉNTIMOS		

4 de Septiembre de 2017

LA PROPIEDAD

LA DIRECCIÓN TÉCNICA

LA CONSTRUCTORA

Fdo.:

Fdo.:

Fdo.:

Tabla 4. Resumen del presupuesto por capítulos