

**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN
NICOLÁS DE HIDALGO**



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**“DISEÑO DE LA RED DE DRENAJE
SANITARIA Y PLUVIAL DEL MUNICIPIO DE
CHUCÁNDIRO, MICHOACÁN”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

TESIS APOYADA POR:

**CONSEJO ESTATAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DEL
ESTADO DE MICHOACÁN**



PRESENTA:

MARÍA CARMEN ESPINOSA ESPINOSA

DIRIGIDA POR:

DR. BENJAMÍN LARA LEDESMA

Morelia, Mich.

Noviembre 2011

Agradecimientos.

Al Dr. Benjamín Lara Ledesma

Por su valioso asesoramiento en el trabajo de esta tesis.

Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología – Gobierno del Estado de Michoacán,
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo y en especial a la Facultad de
Ingeniería Civil.

Por su apoyo y patrocinio para la realización de este proyecto de tesis.

Dedicatoria.

A mis padres:

Adelaida Espinosa Diego

Reynaldo Espinosa Hurtado

A quienes les dedico mi tesis con todo mi amor y cariño, ya que ustedes me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Les agradezco por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, a pesar de que hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, y les agradezco que estén conmigo a mi lado. Solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron en un principio.

A mis hermanos:

Saúl

María Reyna

Adelaida

A los cuales amo con toda mi alma y que si no fuera por ellos nunca hubiera podido llegar hasta donde estoy ahora, no encuentro las palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí. Los adoro y son lo más preciado de mi vida.

A mis padrinos:

Yolanda Espinosa Diego

Ricardo García Gutiérrez

A los cuales quiero con toda mi alma y sé que me apoyan condicionalmente en todo lo que me proponga, y su gran paciencia que me han tenido a lo largo de mi vida.

A mis amigos:

Oscar, Octavio, Fabiola, Salvador, Musmé, Wendy, Sarahí, Evita, David, Julio, Joel, Gustavo, Gonzalo, Jesús, Eder y Cristian.

Gracias por atreverse a confiar en mí, es obvio que sin ustedes este sueño nunca hubiera podido ser completado, ustedes son la base de mi vida les estaré eternamente agradecida.

Realmente no existen palabras para expresar lo mucho que quiero agradecerles, por su paciencia, honestidad y por soportarme en los días malos. Por todo esto lo mínimo que les puedo decir es GRACIAS.

A mis tios y tias:

Roberto, María Elena, Juana, Marcos, Gabriela, Graciela.

Los cuales han sido para mí como un ejemplo a seguir y me llena de orgullo decir que son mi familia. Y deseo que estén orgullosos de mí como yo lo estoy de ustedes. Los quiero mucho. A mi tía Gabriela y mi padrino Marcos que a pesar que ya no se encuentran conmigo en estos momentos se que sus almas nunca me han abandonado.

A mis primos y primas:

Quisiera nombrarlos a todos pero son muchos pero eso no significa que no me acuerde de cada uno, a todos los quiero mucho y más que primos son mis amigos y siempre los llevo en mi corazón.

A mi primo Juan José:

Siempre vas hacer para mí una persona de admiración, te agradezco todo lo que más ayudado y es por ese motivo que te dedicó mi tesis como un regalo de agradecimiento por todo tu apoyo. Te quiero y te respeto mucho.

A mi tutora:

Dra. Sonia Tatiana Sánchez Quispe.

A la cual no encuentro las palabras para agradecerle todo lo que me ha aportado a mi vida, me ha ayudado en todo lo que me hacía falta mejorar, al igual que me enseñó que no hay que sólo llegar sino lo que uno aprende al llegar. Por todo eso lo mínimo que puedo decir es gracias.

Para mí:

Y por último deseo dedicar este momento tan importante que significa el término de uno de mis objetivos en la vida del cual me siento satisfecha y orgullosa de mí misma por no dejarme vencer, ya que el enemigo más fuerte es uno mismo.

1	INTRODUCCIÓN.....	1
2	OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	3
3	ANTECEDENTES.....	4
4	CASO DE ESTUDIO.....	10
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SITIO DE ESTUDIO.....	10
4.1.1	<i>Ubicación.....</i>	10
4.1.2	<i>Historia.....</i>	11
4.1.3	<i>Vías de Comunicación.....</i>	11
4.2	PERFIL SOCIO - DEMOGRÁFICO.....	11
4.2.1	<i>Grupos Indígenas.....</i>	11
4.2.2	<i>Evolución Demográfica.....</i>	11
4.2.3	<i>Religión.....</i>	12
4.3	INFRAESTRUCTURA SOCIAL Y DE COMUNICACIONES.....	12
4.3.1	<i>Educación.....</i>	12
4.3.2	<i>Salud.....</i>	12
4.3.3	<i>Abasto.....</i>	12
4.3.4	<i>Deporte.....</i>	12
4.3.5	<i>Vivienda.....</i>	13
4.4	SERVICIOS PÚBLICOS.....	13
4.5	ACTIVIDAD ECONÓMICA.....	13
4.5.1	<i>Principales sectores, productos y servicios.....</i>	13
4.6	ATRATIVOS CULTURALES Y TURÍSTICOS.....	14
4.6.1	<i>Monumentos Históricos.....</i>	14
4.7	GOBIERNO.....	14
4.7.1	<i>Principales Localidades.....</i>	14
4.7.1.1	<i>Chucándiro.....</i>	15
4.7.1.2	<i>El Salitre.....</i>	15
4.7.1.3	<i>Cruces de Barreras.....</i>	15
4.7.1.4	<i>San Sebastián.....</i>	15
4.7.1.5	<i>Urundaneo.....</i>	15
4.7.2	<i>Caracterización del Ayuntamiento.....</i>	15
4.7.3	<i>Organización y Estructura de la Administración Pública Municipal.....</i>	16
4.7.4	<i>Autoridades Auxiliares.....</i>	17
5	SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.....	18
5.1	GENERALIDADES.....	18
5.2	TIPOS DE REDES DE ALCANTARILLADO.....	18
5.2.1	<i>Drenaje Urbano.....</i>	20
5.2.1.1	<i>Historia sobre el drenaje urbano.....</i>	21
5.2.2	<i>Drenaje pluvial.....</i>	23
5.2.2.1	<i>Funcionamiento.....</i>	24
6	METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE DISEÑO.....	25
6.1	GENERALIDADES.....	25
6.2	CARACTERÍSTICAS FISOGRÁFICAS.....	27
6.2.1	<i>Cuencas urbanas.....</i>	27
6.2.2	<i>Sistemas de Información Geográfica.....</i>	27
6.2.3	<i>Caracterización del Tipo de Suelos.....</i>	30

6.3	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA.	31
6.3.1	<i>Período de diseño.</i>	31
6.3.2	<i>Estaciones.</i>	32
6.3.2.1	Identificación de estaciones.	33
6.4	MÉTODO RACIONAL.	39
6.5	CURVAS IDF.	39
6.6	HISTOGRAMA.....	40
6.6.1	<i>Distribución de Huff</i>	40
7	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	44
7.1	PROPIEDADES DE LOS OBJETOS.....	44
7.2	INFILTRACIÓN.	45
7.2.1	<i>Método del número de curva (CN) del SCS.</i>	46
7.3	PROPIEDADES DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL.	48
7.4	INFORMACIÓN DE LA RED DE DRENAJE SANITARIA Y PLUVIAL	58
7.5	RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO PLUVIAL Y SANITARIA.	61
7.6	SIMULACIÓN DEL DRENAJE PLUVIAL.....	64
7.7	SIMULACIÓN DEL DRENAJE PLUVIAL Y SANITARIO.....	95
7.8	RESULTADOS DE LA SIMULACION PARA LA RED DE DRENAJE SANITARIA Y PLUVIAL.....	126
8	CONCLUSIONES.....	145
9	BIBLIOGRAFÍA.....	146

1 INTRODUCCIÓN.

El desplazamiento de la población rural hacia zonas urbanas provoca un fuerte crecimiento de la superficie ocupada por las ciudades, por lo tanto a esta población se le tiene que proporcionar de servicios en general se inician con un abastecimiento de agua potable y van satisfaciendo sus necesidades con base en obras de acuerdo a su economía.

Como consecuencia se presenta el problema de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las viviendas, los comercios, las industrias y otras áreas de interés.

Al igual que el desalojo de las aguas servidas o aguas residuales. Se requiere así la construcción de un sistema de alcantarillado sanitario para eliminar las aguas negras que produce una población, incluyendo al comercio y a la industria.

Un sistema de alcantarillado está integrado por todos o algunos de los siguientes elementos: atarjeas, colectores, interceptores, emisores, plantas de tratamiento, estaciones de bombeo, descarga final y obras accesorias. El destino final de las aguas servidas podrá ser, previo tratamiento, desde un cuerpo receptor hasta el reúso, dependiendo del tratamiento que se realice y de las condiciones particulares de la zona de estudio.

Sin embargo, una vez que las aguas procedentes del abastecimiento son empleadas en las múltiples actividades humanas, son contaminadas con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas. Después de cierto tiempo, la materia orgánica contenida en el agua se descompone y produce gases con olor desagradable. Además, las bacterias existentes en el agua causan enfermedades. Por lo que la disposición o eliminación de las aguas de deshecho o residuales debe ser atendida convenientemente para evitar problemas de tipo sanitario.

Por otra parte, la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros modifican el entorno natural en que habita el hombre y, tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación de los cauces de las corrientes naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales).

Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes.

Los sistemas de alcantarillado se encargan de conducir las aguas de desecho y pluviales captadas en los sitios de asentamiento de las conglomeraciones humanas para su disposición final.

2 OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.

El objetivo es comparar el resultado de un diseño realizado para un drenaje pluvial y una combinación del drenaje pluvial y el sanitario, con un análisis del comportamiento de la red donde se incluyan la variabilidad de la precipitación y la incertidumbre de los parámetros que definen el problema, utilizando un software que nos permite realizar dichas simulaciones.

Desde hace muchos años se han construido en Michoacán obras de drenaje, pero existen muy pocos lugares en donde existe drenaje para las aguas pluviales estas obras por lo regular se han construido recientemente y se espera que tenga una mayor difusión sobre este drenaje ya que esta agua recolectada se puede utilizar para recargar mantos acuíferos. Los sistemas de drenaje urbano deben estar dirigidos a lograr algunos objetivos, tales como: evitar que las aguas de lluvias ocasionen daños en el medio, y garantizar el normal desenvolvimiento de la vida diaria.

Se escogió este tema para nuestro trabajo de investigación ya que resulta increíble que el entaponamiento del sistema de drenaje sea causado por nosotros mismos desde lo más íntimo de nuestro metabolismo hasta lo más superficial de las actividades de la sociedad en que vivimos; ya que la actividad humana produce desechos, los cuales causan un problema en el mencionado sistema de alcantarillado.

Además como ya en todos los lugares la población va creciendo y va ser necesario contar con un buen sistema de drenaje para evitar que las tuberías se conglomeren por el crecimiento de la población y poder evitar inundaciones.

3 ANTECEDENTES.

Anteriormente para la modelación de las redes de drenaje se realizaban suponiendo que el flujo siempre se iba a encontrar en condiciones de flujo permanente. Actualmente con el avance de la tecnología se ha logrado solucionar modelos matemáticos que permiten simular el comportamiento de las redes de alcantarillado utilizando condiciones de flujo no permanente. Estos nuevos sistemas se crean dentro de entornos de desarrollo probados, bien documentados y respaldados, que hacen un uso completo de los más modernos avances en la informática.

En la actualidad existen en el mercado muchas herramientas informáticas que son muy útiles para el diseño de redes de alcantarillado, las mismas que difieren entre sí por su costo, que va variando de acuerdo a la capacidad y facilidad de uso. A continuación se describen algunas de los tantos programas que existen:

✚ **ALCANTARILLADOS.** Esta herramienta informática que permite la simulación hidráulica de sistemas de drenaje urbano bajo dos condiciones de flujo; la primera para flujo gradualmente variado cuando se realiza un análisis de redes de alcantarillado residual, en donde se modela el caudal máximo horario que llega a cada uno de los nodos de la red; y la segunda para flujo no permanente en donde se analiza la variación de los caudales y niveles en la red con respecto a un evento de precipitación que cae en algunas cuencas o la variación de los caudales de agua residual a lo largo del día.. Esta herramienta fue creada por la Universidad de los Andes en Colombia. No gratuitos.

✚ **MIKE URBAN (modelización y GIS para aguas urbanas).** Cubre toda la red hidráulica urbana, incluyendo sistemas de distribución de agua, sistemas de drenaje de aguas pluviales y sistemas de alcantarillado unitario o separativo. No gratuito.

A continuación se menciona una serie de las aplicaciones típicas de MIKE URBAN:

- Modelización del alcantarillado y aguas pluviales
 - Gestión de aguas pluviales
 - Planes directores de drenaje urbano
 - Predicción de inundaciones locales (ubicación y gravedad)
 - Análisis de DSU's
 - Estimación de la acumulación y transporte de sedimentos
 - Optimización y diseño de soluciones para el control en tiempo real
 - Modelizaciones en tiempo real que incluyen soluciones RTC.

- Modelización de la distribución de agua:
 - Gestión de agua a presión y zonas de presión
 - Estimación de demanda en nodos
 - Análisis dinámico del caudal de incendio y de los hidrantes
 - Predicción de la edad del agua y de las concentraciones de cloro
 - Previsión de la dispersión y localización de contaminantes
 - Planes de emergencia y evaluación de riesgos
 - Dimensionamiento de cámaras y tanques de protección.

✚ **EpaRed.** Desarrollado para el diseño y simulación de redes de distribución de agua y sistemas a presión en general, que surge a partir de las experiencias en el desarrollo y explotación de este tipo de sistemas. Gratuito.

- ✚ **KYPIPE.** Desarrollado en la Universidad de Kentucky (Word, 1991). Se trata de un modelo desarrollado mediante la formulación por mallas y la aplicación de la teoría lineal. Es probablemente de los pocos modelos que continúan aplicando la teoría lineal como alternativa clara al método del gradiente. Gratuito.

- ✚ **H2ONET.** Desarrollado por la empresa MW Soft Inc (Montgomery Watson, 1996),

- ✚ **WATERCAD.** Desarrollado por la empresa Haestad Methods y MIKE NET, desarrollado por el Danish Hydraulic Institute (2000). Son modelos absolutamente similares en cuanto a su formulación aunque distintos en su manejo e interfaces de usuario. Todos ellos basan sus cálculos en los mismos principios que el algoritmo de cálculo desarrollado por la US EPA para su modelo EPANET. Gratuito.

- ✚ **SARA (Software de Análisis de Redes de Agua).** Desarrollado en la Universidad Politécnica de Valencia (Iglesias, 2001). Utiliza como punto de partida el modelo desarrollado por la US EPA para el modelo EPANET, si bien dispone de algunas modificaciones en el cálculo para contemplar aspectos como la gestión de nudos que por operaciones de la red quedan desconectados. Uno de los elementos más característicos de las redes de abastecimiento son los depósitos. Su caracterización es sencilla en régimen permanente, si bien requiere de consideraciones especiales en el caso de abordar una simulación dinámica del problema. Su papel fundamental en los sistemas de distribución de agua es como elemento de regulación (López y otros, 2003). Gratuito. Creado en Estados Unidos de América.

- ✚ **SewerUp.** Es un software para diseño de redes de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial, fácil de usar. Ha sido concebido para ser de uso intuitivo y sencillo. Sirve tanto para realizar nuevos diseños como para modelar

sistemas existentes. En tiempos mínimos se pueden obtener diseños óptimos y planos definitivos listos para la ejecución de la obra.

- ✚ **SewerGems.** Creado por Haestad Methods, se usa para planes maestros, alternativas de rehabilitación y diseño de nuevos sistemas de alcantarillado sanitarios interactúa con AutoCad y ArcGis, se lo puede comprar desde 1500 dólares, idioma inglés.

- ✚ **Infoworks.** Creado por Wallingford Software Ltd, tiene tres módulos, diseño para AAPP, AALL, AASS, idioma inglés.

- ✚ **Hydra.** Creado por PIZER Incorporated, optimiza el diseño de drenaje, calcula diámetros, es fácil de usar se integra con GIS y CAD, costo aproximado 1250 dólares, idioma inglés.

- ✚ **PCSWMM.** Program Computer Storm Water Management Model tiene ocho módulos, idioma inglés.

- ✚ **PCSWMM 2003.** Simula eventos reales de lluvia con la ayuda de los hietogramas, además, modela la red de forma detallada y predice su comportamiento con la ayuda del editor grafico GIS permite hacer un análisis de la situación de la cuenca y de la red de alcantarillado de forma rápida e intuitiva, ya que trabaja desde el entorno Windows a diferencia de las otras versiones. El PCSWMM comprende 4 módulos de servicio (sus datos de salida pueden ser usados como datos de entrada en los módulos hidráulicos) y 4 módulos de hidráulica e hidrología (estos módulos son para diseño ya sea de aguas lluvias, servidas, o plantas de tratamiento).

- ✚ **SWMM.** Es un modelo dinámico de simulación de precipitaciones, que se puede utilizar para un único acontecimiento o para realizar una simulación continua en un periodo extendido. El programa permite simular tanto la

cantidad como la calidad del agua evacuada, especialmente en alcantarillados urbanos. El módulo de escorrentía o hidrológico de SWMM funciona con una serie de cuencas en las cuales cae el agua de lluvia y se genera la escorrentía. El Modulo de transporte o hidráulico de SWMM analiza el recorrido de estas aguas a través de un sistema compuesto por tuberías, canales, dispositivos de almacenamiento y tratamiento, bombas y elementos regulares. El programa es capaz de seguir la evolución de la cantidad y la calidad del agua de escorrentía de cada cuenca, así como el caudal, el nivel de agua en los pozos o la calidad del agua en cada tubería y canal durante una simulación compuesta por múltiples intervalos de tiempo. Al igual que es un conjunto flexible de capacidades de modelación hidráulica usada para transitar el escurrimiento y entrada de flujos externos a una red de tuberías, canales, unidades de almacenamiento-tratamiento y estructura de reparto. Estos incluyen habilidad para:

- Manejo de redes de tamaño ilimitado.
- Uso de gran variedad de formas estándar para cerrar y abrir conductos, así como para canales naturales.
- Modelo de elementos especiales tales como unidades de almacenamiento /tratamiento, reparto de caudal, bombas, vertederos y orificios.
- Aplicación de flujos externos y entrada de la calidad del agua desde el escurrimiento superficial, interflujo con el agua subterránea, infiltración, flujos sanitarios y otros flujos definidos por el usuario.
- Alternativas de selección entre flujo permanente y flujo no permanente por onda cinemática u onda dinámica.

- Aplicación de controles dinámicos para estado de bombeo, apertura de orificios y niveles de vertedero para reglas de control definidas por el usuario.

Para este proyecto el programa que se utilizó fue el SWMM el cual nos aporta un buen funcionamiento, además toma en cuenta ciertas consideraciones de la localidad para obtener mejores resultados dentro de la simulación, al igual que es muy fácil de conseguir.

4 CASO DE ESTUDIO.

4.1 Descripción General del Sitio de Estudio.

4.1.1 Ubicación.

El lugar de estudio para este proyecto es el Municipio de Chucándiro, Michoacán, se localiza en al norte del Estado, en las coordenadas 19°54' de latitud norte y 101°20' de longitud oeste, a una altura de 1,850 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Morelos y Huandacareo, al este con Copándaro y Tarímbaro, al sur con Morelia, y al oeste con Huaniqueo. Su distancia a la capital del Estado es de 50 km.



Figura 1. Ubicación de Chucándiro.



Figura 2. Localización de Chucándiro.

Su superficie es de 192.29 km² y representa el 0.32 por ciento de la superficie del Estado. Su relieve corresponde a la depresión del Cuitzeo, varias planicies y los cerros: la Leona, de las Ventas, de Guaguatuan, las Dos Cejas, el Varal, los Zapotes y el Sauz. Su hidrografía se constituye por el río Chucándiro, el arroyo de las Arenas y el de la Presa de Undameo; así como manantiales de agua fría y termal. Su clima es templado, con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,037.6 milímetros y temperaturas que oscilan de 12.8 a 25.3° centígrados. En el municipio predomina la vegetación de pradera, con nopal, huisache y matorrales diversos. Su fauna la conforman: armadillo, mapache, ardilla, coyote, pato, charal y pez blanco. La superficie forestal maderable es

ocupada por pino y encino; en el caso de la no maderable, por arbustos de distintas especies. Los suelos del municipio datan de los periodos cenozoico, cuaternario y terciario; corresponden principalmente a los del tipo chernozem. Su uso es primordialmente ganadero y agrícola y en menor proporción forestal.

4.1.2 Historia.

La existencia de una zona arqueológica con vestigios de cerámica, puntas de flecha y otros objetos, dan cuenta de asentamientos humanos en Chucándiro, desde antes de la llegada de los españoles.

Al inicio de la conquista, Chucándiro era un pueblo de 6 barrios, 83 casas y 337 personas. En esta época, fue evangelizada por los frailes agustinos y fue dirigido por Vasco de Quiroga por medio de la vicaría secular. Años más tarde, en el siglo XVI, se entregó en encomienda a don Álvaro Gallego.

Se constituyó en municipio el 21 de junio de 1878. En 1901, pasa a pertenecer como distrito de Morelia, junto con Acuitzio, Cuitzeo, Santa Ana Maya y Quiroga.

4.1.3 Vías de Comunicación.

Al municipio lo comunica la carretera federal número 43 Morelia-Salamanca, desviación entronque Morelia-Copándaro-Chucándiro, cercano a la supercarretera México-Morelia-Guadalajara. Hay caminos revestidos a todas sus localidades.

Cuenta con servicio de autobuses foráneos, teléfono, telégrafo y correo.

4.2 Perfil Socio - Demográfico.

4.2.1 Grupos Indígenas

En el 2005 existen en el municipio 4 indígenas cuya lengua natal es el purépecha.

4.2.2 Evolución Demográfica

En el municipio de Chucándiro en 1990, la población representaba el 0.23 por ciento del total del Estado. Para 1995, se tiene una población de 8,200 habitantes, su tasa de crecimiento es del -0.002 por ciento anual (la tasa de crecimiento negativa, se debe a factores como la emigración al interior y exterior del país principalmente) y la densidad de población es de 43 habitantes por kilómetro cuadrado. El número de mujeres es relativamente mayor al de hombres. Para el año de 1994, se registraron 256 nacimientos y 33 defunciones, también así la migración e inmigración en el Municipio ha sido regular hacia los Estados Unidos.

En el año 2000 el municipio contaba con 7,463 habitantes y de acuerdo al II Censo de Población y Vivienda del 2005 el municipio cuenta con un total de 5,516 habitantes.

4.2.3 Religión

Predomina la católica.

4.3 Infraestructura Social y de Comunicaciones

4.3.1 Educación

El municipio cuenta con los niveles de: preescolar, primaria y secundaria.

4.3.2 Salud

Existen 4 centros de salud.

4.3.3 Abasto

Tiene el municipio un tianguis una vez por semana, tiendas de abarrotes y misceláneas.

4.3.4 Deporte

Cuenta con 7 canchas de basquetbol.

4.3.5 Vivienda

El 2005 existen aproximadamente 1,477 viviendas, predominando las de muros de adobe, seguidas de las de tabique, en los techos predomina la teja, seguidas por losas de concreto.

4.4 SERVICIOS PÚBLICOS

La cobertura de servicios públicos de acuerdo a apreciaciones del H. Ayuntamiento es:

- ✚ Agua potable 80%
- ✚ Drenaje 15%
- ✚ Electrificación 85%
- ✚ Pavimentación 10%
- ✚ Alumbrado Público 65%
- ✚ Recolección de Basura 20% (en 4 comunidades)
- ✚ Rastro 5% (solo en la cabecera municipal)
- ✚ Panteón 15% (en 3 comunidades)
- ✚ Cloración del Agua 5% (solo en la cabecera municipal)
- ✚ Seguridad Pública 100%

4.5 Actividad económica.

4.5.1 Principales sectores, productos y servicios.

- ✚ Agricultura
 - ✚ Se cultiva maíz, frijol y cebolla.
- ✚ Ganadería
 - ✚ Se cría ganado bovino, porcino, caballar, asnal, ovino, caprino, mular, avícola y apícola.
- ✚ Industria

- ✚ Manejo de alimentos y fabricación de prendas de vestir.
- ✚ Turismo
- ✚ Zona arqueológica y manantiales.
- ✚ Comercio
- ✚ Manejo de alimentos.

4.6 Atractivos Culturales y Turísticos

4.6.1 Monumentos Históricos

Arquitectónicos: Templo de la Concepción, del siglo XVI; Templo de San Nicolás y la Capilla del Hospital de la Concepción.

Arqueológicos: Zona conocida

Obras de Arte: En la iglesia del XVI, relojes de sol y pesas.

Fiestas, Danzas y Tradiciones

Fiestas Populares: El 1o. de septiembre, fiesta en honor al patrono del lugar; en Semana Santa, representación del Vía Crucis.

Artesanías

Objetos de fibras vegetales: Tule y vara. Alfarería

Centros Turísticos

Zona arqueológica, Iglesia del siglo XVI y relojes de sol y pesas. Balneario de agua termal en “Los Baños”.

4.7 Gobierno

4.7.1 Principales Localidades

4.7.1.1 Chucándiro.

Es cabecera municipal, su principal actividad económica es la agricultura. Está ubicada a 50 km de la capital del Estado. Su población es de 2,023 habitantes.

4.7.1.2 El Salitre.

Su principal actividad económica es la agricultura. Se ubica a 7.5 Km. de la cabecera municipal. Su población es de 2,023 habitantes.

4.7.1.3 Cruces de Barreras.

La agricultura es su principal actividad económica. Se encuentra a 10 Km. de la cabecera municipal. Su población es de 736 habitantes.

4.7.1.4 San Sebastián.

Su actividad económica preponderante es la agricultura. Está a 1.8 Km. de la cabecera municipal. Tiene 696 habitantes.

4.7.1.5 Urundaneo.

Su principal actividad económica es la agricultura. Se localiza a 12 Km. de la cabecera municipal. Su población es de 549 habitantes.

4.7.2 Caracterización del Ayuntamiento

Ayuntamiento 2008-2011

Presidente Municipal

1 Síndico

4 Regidores de Mayoría Relativa

3 Regidores de Representación Proporcional

Principales Comisiones del ayuntamiento:

Planeación y Programación 1er. Regidor

Educación, Cultura y Turismo 2o. Regidor

Salubridad 3er. Regidor

Ecología 4o. Regidor y 3o. de Rep. Prop.

Comercio 1er. Regidor de Rep. Prop.

Asuntos Agropecuarios y Pesca 2o. Regidor de Rep. Prop.

4.7.3 Organización y Estructura de la Administración Pública Municipal

Secretaría del Ayuntamiento.- Sus funciones son: Secretario de Actas del Ayuntamiento, Atención de Audiencia, Asuntos Públicos, Junta Municipal de Reclutamiento, Acción Cívica, Jurídico y Aplicación de Reglamentos, Archivo y Correspondencia, Educación, Cultura, Deportes, Salud y Trabajo Social.

Tesorería.- Sus funciones son: Ingresos, Egresos, Contabilidad, Auditorías Causantes, Coordinación Fiscal, Recaudación en mercados y Recaudación en Rastros.

Obras Públicas.- Sus funciones son: Parques y Jardines, Edificios Públicos, Urbanismo, Mercados, Transporte Público, Rastro, Alumbrado, Limpia y Panteones Municipales.

Desarrollo Social Municipal.- Sus funciones son: Programación y Ejecución del Programa del Ramo 026, Deserción Escolar, Fondo de Desarrollo Social Municipal, Apoyo a la Producción y Reforestación.

Seguridad Pública.- Sus funciones son: Policía, Tránsito y Centro de Readaptación Municipal.

Oficialía Mayor.- Sus funciones son: Personal, Adquisiciones, Servicios Generales, Almacén y Talleres.

D.I.F.- Sus funciones son: Asistencia Social y Red Móvil.

S.A.P.A.- Sus funciones son: Administración Directa del sistema de Agua Potable y Alcantarillado.

4.7.4 Autoridades Auxiliares

La Administración Pública Municipal fuera de la Cabecera Municipal, está a cargo de los Jefes de Tenencia o Encargados del Orden, quienes son electos en plebiscito, durando en su cargo 3 años. En el municipio de Chucándiro existen Jefes de Tenencia y Encargados del Orden, quienes ejercen principalmente las siguientes funciones:

Dar aviso al Presidente Municipal, de cualquier alteración que adviertan en el orden público.

Conformar el pódium de habitantes de su demarcación.

Cuidar de la limpieza y aseo de los sitios públicos y buen estado de los caminos vecinales y carreteras.

Procurar el establecimiento de escuelas.

Dar parte de la aparición de siniestros y epidemias.

Aprehender a los delincuentes, poniéndolos a disposición de las autoridades competentes.

5 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO.

5.1 Generalidades.

Para poder efectuar el diseño de un sistema de alcantarillado sanitario, se requiere conocer los principios de hidráulica que se aplican al transporte a gravedad de líquidos en conductos cerrados o abiertos.

Hidráulicamente, la captación de aguas residuales difiere de la distribución de agua en tres aspectos:

- ✚ Los conductos no fluyen bajo presión, excepto en circunstancias especiales.
- ✚ El flujo es casi siempre inestable y frecuentemente no uniforme.
- ✚ Las aguas transportan cargas de materiales flotantes, suspendidos y solubles.

Los mismos principios hidráulicos se aplican al flujo en las alcantarillas y al flujo en tuberías llenas. Sin embargo, las alcantarillas rara vez trabajan a tubo lleno; y para cualquier alcantarilla circular, el área, la velocidad de flujo, y la descarga varían con la altura del agua en el interior de la tubería.

Por lo general la tubería se diseña como flujo a canal abierto, en condiciones parcial o totalmente llena. El diseño contempla condiciones de flujo uniforme.

5.2 Tipos de Redes de Alcantarillado

Existen 3 tipos de redes de alcantarillado:

- ✚ **Acometida domiciliaria:** se conectan con la red de desagües de las casas y su finalidad es transportar las aguas residuales a las alcantarillas secundarias o a cualquier otra alcantarilla, excepto a otra acometida.

- ✚ **Laterales o secundarias:** constituyen el primer elemento de la red de alcantarillado y suelen disponerse en las calles o en zonas especiales de servidumbre.
- ✚ **Principales o colectores:** se usan para transportar el agua residual procedente de una o varias alcantarillas secundarias al cuerpo receptor.

Las aguas servidas se colectan de las casas particulares por medio de tubos de diámetro pequeño generalmente de 4 ó 6 pulgadas, que descargan a las redes laterales. El tubo que recibe el gasto de dos o más redes laterales se conoce como ramal.

Cada cierta distancia, es necesario instalar pozos de revisión para permitir el acceso y poder hacer limpieza e inspección. Generalmente los sistemas de alcantarillado se diseñan a gravedad, y las alcantarillas deben tenderse con una pendiente que permita una velocidad de flujo razonable.

A lo largo del tiempo se han desarrollado tipos de sistemas, denominados como:

- ✚ **Sistemas Separativos:** son aquellos que transportan las aguas servidas en tuberías independientes de las aguas pluviales.
- ✚ **Sistema Unitario o combinado:** son aquellos en que se transportan tanto las aguas servidas como las pluviales.

Cada uno de estos sistemas posee ventajas y desventajas que deben tomarse en cuenta para resolver cada caso particular. En el caso de aguas lluvias se necesitan alcantarillas de gran diámetro para evacuar el agua obtenida de las precipitaciones. Por lo que, en la actualidad los sistemas combinados ya no se recomiendan debido a la subutilización de las tuberías durante la época seca. Adicionalmente, los tipos, tamaños y longitudes de las tuberías en las redes de

alcantarillado dependen de las características de la población y de la ubicación de la estación depuradora.

En la presente tesis, se diseñará el sistema de alcantarillado hasta la entrada del potencial sitio de tratamiento. El diseño de la planta de tratamiento esta fuera del alcance de esta tesis.

5.2.1 Drenaje Urbano.

Significa la evacuación de las aguas superfluas o perjudiciales de un terreno urbano. Tales son las aguas residuales y las aguas pluviales.

Un modelo está formado por nudos que representan pozos de registro o uniones en un sistema de tuberías y uniones o entronques en un sistema de canales abiertos. Los nudos están unidos por líneas que representan tuberías, canales u otros dispositivos como los controles de caudal o las bombas del sistema.

Los nudos ordinarios representan puntos por los que entran caudales del sistema, o uniones entre líneas. Un nudo de vertido representa un punto por el que un caudal abandona el sistema.

Si las zonas urbanas solo ocupasen zonas altas, con buenas pendientes y alejadas de cauces naturales importantes, y además fuese de extensión reducida, probablemente el drenaje no exigiría técnicas muy sofisticadas, pero por lo regular las zonas urbanas suelen ocupar por zonas llanas, mas fácil de urbanizar, y con multitud de cauces naturales que las atraviesan.

Los sistemas de drenaje urbano deben evacuar las avenidas de determinado período de retorno que cruzan las ciudades siguiendo el trazado de los antiguos cauces naturales.

El drenaje urbano no solo sirve para evitar las inundaciones, sino también para mantener las condiciones higiénicas dentro y fuera de las ciudades recolectando

las aguas residuales y transportándolas hasta las estaciones depuradoras, las cuales deben funcionar conjuntamente con el sistema de drenaje.

5.2.1.1 Historia sobre el drenaje urbano.

La historia de los alcantarillados se origina desde los primeros asentamientos humanos. La concentración demográfica fue razón para la construcción de estructuras que facilitaran el drenaje de aguas lluvias. La eliminación adecuada de excreta humana y de residuos líquidos industriales mediante sistemas de alcantarillado ha probado, desde tiempos remotos, ser el método más efectivo de reducir a un mínimo las posibilidades de infecciones y enfermedades de origen hídrico y de evitar la contaminación de las corrientes superficiales, contribuyendo a una mejor apariencia estética de las comunidades.

Habiendo resuelto el problema de evacuación de aguas pluviales, el alto índice de enfermedades a nivel mundial durante el siglo XIX hizo que el hombre necesitara deshacerse de las aguas residuales y residuos sólidos de las ciudades. Este fue el comienzo de la utilización de sistemas de alcantarillados como alternativa de drenaje de aguas y sólidos residuales.

Civilizaciones que precedieron por varios siglos a nuestra era se preocupaban por alejar las aguas servidas de los conglomerados humanos y construían obras especiales con ese objeto.

En los primeros asentamientos urbanos de los deltas mesopotámicos y del Nilo, donde por primera vez el hombre empieza a comprender y dominar técnicamente su entorno físico, y el agua en concreto. Aprende por ejemplo a aprovechar el desnivel topográfico para regar zonas aluviales, a realizar captaciones y a distribuir captaciones y a distribuir el agua mediante canales, al igual que es capaz de drenar zonas lacustres para hacerlas cultivables o susceptibles de ser habitadas. Las nuevas ciudades se enfrentan al problema de control de las avenidas de los cauces interrumpidos, y a la evacuación de las aguas producidas en la propia ciudad, procedentes del abastecimiento y de la lluvia.

Entre los primeros vestigios de alcantarillado son los del palacio de Korsabad en Babilonia, donde debajo de las habitaciones y patios discurrían amplias galerías de evacuación de 1.40 x 1.20 m.

En el palacio de Minos en Knosos, población perteneciente a la isla de Creta se encuentra una red de alcantarillado completo, datada en 5000 años, compuesta por tubos troncocónicos de cerámica.

La cultura griega en Atenas y Corinto nos ha dejado el ejemplo de sistemas de drenaje pertenecientes al siglo IV a. C., formados por drenes de cantos de piedra en la parte subterránea de las calzadas.

La cultura romana aprovechó la técnica de desecado de terrenos etrusca basada en la perforación de galerías subterráneas del tamaño mínimo de un hombre conectados al exterior por una serie de pozos de acceso y ventilación. Sobre esta base los romanos desarrollaron sus redes de alcantarillado en piedra o ladrillo, sentando la tipología que usamos actualmente, con colectores en el eje de las calles, pozos, imbornales, bordillos y aceras. En la construcción de estas obras establecieron impuestos para sufragar los gastos de alcantarillado.

Desde la caída del Imperio Romano hasta el inicio del primer milenio, no se producen actuaciones urbanas destacables. A partir de este instante tenemos constancia histórica de actuaciones de Carlomagno en París y del Papa Gregorio IX en Roma. En Valencia el Rey Jaime I, concluyó en el año 1258 las obras de alcantarillado de la ciudad, cediendo a la municipalidad la gestión de la red, el rey Pedro III ordenó la redacción de un plan de cloacas, cuya conservación se financiaba por la vía de un impuesto.

A partir del siglo XVII la civilización europea inicia la consolidación del pensamiento científico actual, dentro de esta época se sitúa la visión higienista del ciclo del agua, propuesta por el ingeniero británico Edwin Chadwick desembocó en el inicio de la construcción en 1848 de la red alcantarillado en Londres, con una

longitud de 1200 km. En París se construyó en el 1850 una red de 1040 km de alcantarillado visitable y diseñada para albergar en su interior otros servicios como lo es el suministrado de agua potable y recolección de basura.

En México antes de 1783 sólo había simples canales que hacían las veces de colectores, y arroyos en las calles en que no existía ningún canal, en ese año el Virrey Don Matías de Gálvez ordena la construcción de la atarjea cubierta de la calle de Palma. Dentro del periodo de 1789 a 1794 se construyen 13 km más de atarjeas por orden del segundo Conde de Revillagigedo. En 1879 se realizan trabajos de mejoramiento de canales exteriores e interiores bajo la dirección del Ingeniero M. M. Contreras, de la Comisión de Obras Públicas, con un costo de 17,291 pesos mexicanos. En 1885 el Ingeniero Roberto Gayol realiza un estudio para el mejoramiento del sistema de desagüe de la ciudad de México y de las condiciones sanitarias de las casas, base del proyecto que se ejecutaría de 1897 a 1902. En el año de 1888 se nombra Jefe de la Comisión de Ingenieros encargada de resolver el problema de desagüe de la Ciudad de México al Ingeniero Gayol. Se producen inundaciones que duran varios meses a consecuencia de fuertes lluvias, lo que origina la instalación de la Estación de Bombeo de San Lázaro. Al entrar en servicio dicha estación se consiguió hacer descender las aguas hasta un nivel que permitió iniciar la construcción de atarjeas permanentes sin esperar a que las aguas hubieran desaparecido por completo. En 1954 se inicia la construcción de más de 150 km de colectores de 1.22 a 3.50 m de diámetro, la que concluye en 1962.

Hasta el momento el gobierno trata que en todos los lugares que están urbanizados tengan un buen servicio de alcantarillado como lo es la instalación o que debido al incremento de la población se tiene que ampliar el alcantarillado del sitio, esto es para evitar enfermedades o inundaciones.

5.2.2 Drenaje pluvial

Se conoce con este nombre al sistema de drenaje que conduce el agua de lluvia a lugares donde se organiza su aprovechamiento.

En muchas localidades no se realiza la diferenciación entre drenaje sanitario y pluvial y todo el material recolectado es concentrado al mismo destino causando que los desechos se junten todos.

5.2.2.1 Funcionamiento

El drenaje funciona gracias a la gravedad. Las tuberías se conectan en ángulo descendente, desde el interior de los predios a la red municipal, desde el centro de la comunidad hacia el exterior de la misma. Cada cierta distancia se perfora pozos de registro verticales para permitir el acceso a la red con fines de mantenimiento.

El abordar los problemas de drenaje pluvial comprende dos acciones prioritarias que son el control de inundaciones y el control de contaminación, este tipo de drenajes poseen necesidades específicas referentes a la precipitación, afectadas por las características físicas del proceso de escorrentía en áreas urbanas.

6 METODOLOGÍA Y CRITERIOS DE DISEÑO.

6.1 Generalidades.

Los métodos y herramientas empleadas en el diseño, gestión y planificación de los sistemas de saneamiento han estado basados hasta hace muy poco en la concepción tradicional del drenaje urbano.

No obstante, durante los últimos años se ha producido un cambio de concepción muy importante en la hidrología urbana gracias a la aparición de nuevas herramientas para el análisis de las redes de alcantarillado o a la aplicación de tecnologías modernas a la gestión.

Desde el avance de la tecnología el desarrollo de todo tipo de aplicaciones informáticas utilizadas para modelizar todas las partes del sistema de saneamiento han evolucionado de forma espectacular. En la actualidad existen modelos de simulación del comportamiento de cualquier parte del sistema de saneamiento, ya sea de análisis de las precipitaciones, de las redes de alcantarillado, de las estaciones depuradoras o de la difusión de los contaminantes en el medio receptor.

Una herramienta que también se ha introducido de manera muy eficaz en la gestión de los sistemas de saneamiento son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permitiendo un avance muy significativo en la organización y gestión de los datos disponibles de la red. Sin duda, los SIG serán una herramienta imprescindible para la representación del sistema de saneamiento en un futuro próximo, por lo que los organismos gestores de los mismos deberán hacer un esfuerzo en los próximos años para introducirlos en su esquema de funcionamiento.

Las posibilidades de los SIG en el drenaje urbano son muchas, y se están abriendo muchas vías de investigación para desarrollar posibles aplicaciones de

ésta herramienta dentro del campo de la hidrología urbana. En un futuro, los SIG se utilizarán para la caracterización espacial de la lluvia, como soporte a las herramientas de dimensionamiento de la red o como soporte para el mantenimiento de las mismas.

Los avances en la gestión y almacenamiento de los datos del sistema mediante los SIG o los avances en el análisis hidráulico y de funcionamiento de la red son claros ejemplos de la aplicación de nuevas tecnologías aplicadas a la gestión de las redes de saneamiento. Aunque quizá sea el control en tiempo real una de las nuevas herramientas que más impactará en la gestión en el futuro, debido a sus grandes posibilidades.

6.2 Características fisiográficas.

6.2.1 Cuencas urbanas.

La urbanización de una cuenca modifica su respuesta hidrológica frente a una determinada lluvia. La urbanización conlleva la alteración de las redes de drenaje natural y un incremento de las zonas impermeables en superficies además con materiales menos rugosos, todo ello con el criterio de drenar lo más eficiente y rápido posible el área urbanizada.

Las zonas de captación urbana son relativamente pequeñas por lo tanto se deja como elemento principal el proceso de escorrentía a la distribución temporal y espacial de precipitaciones, las escalas de tiempo son muy cortas.

6.2.2 Sistemas de Información Geográfica.

En la actualidad existe una gran relación entre la gestión de redes y los SIG. Los SIG se pueden definir como una base de datos computarizada que contiene relaciones espaciales entre los elementos que la componen.

El desarrollo de los Modelos Digitales del Terreno (MDT) que se pueden obtener del INEGI al conjunto con los SIG ofrece nuevas posibilidades en la modelización de los sistemas o en la caracterización de las subcuencas, estos no solo llevan a cabo las funciones de lo que presenta el terreno sino también ayudan a la manipulación de datos y la extracción de ellos para modelización.

Una definición de SIG es un sistema integrado para capturar, almacenar, manejar, analizar y mostrar información referente a aspectos de naturaleza geográfica. Un SIG hace posible que se produzca rápidamente una combinación de mapas y tablas.

Para la elaboración de esta tesis se apoyo en el software ArcView con el cual se apoyó para la localización de las cuencas, para un mejor manejo de la información, dentro del municipio de Chucándiro se dividió en 10 cuencas las cuales se presentan en la figura 3 y figura 4

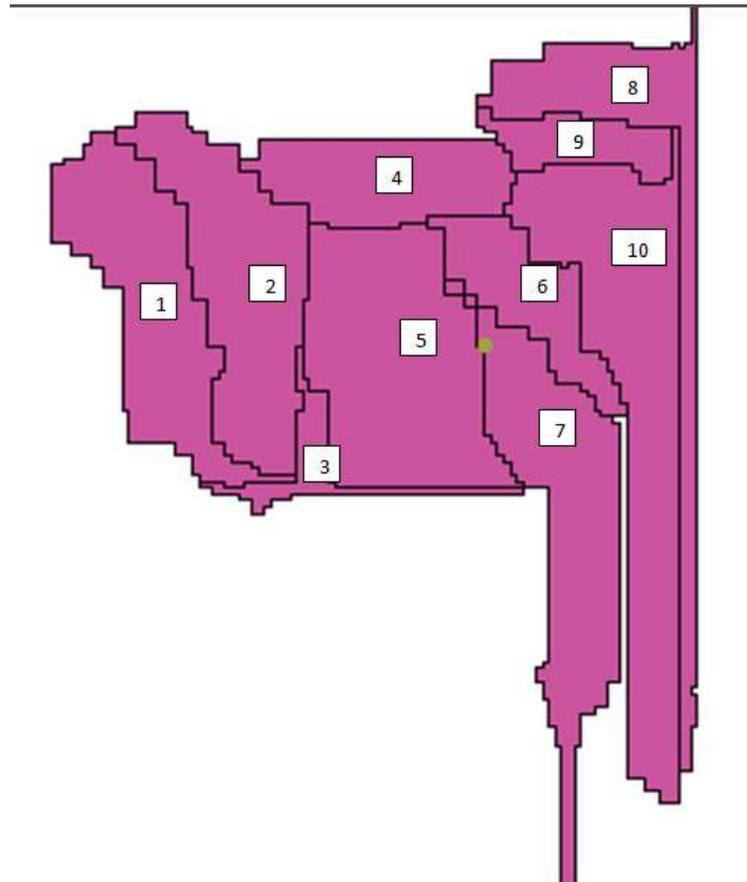


Figura 3. Distribución de las cuencas.

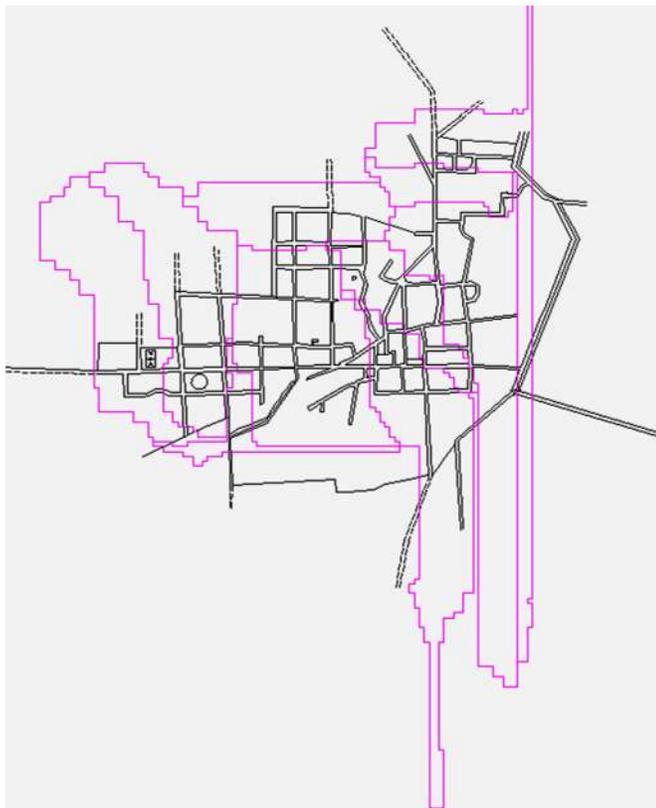


Figura 4. Distribución de las cuencas referenciadas al municipio de Chucándiro.

En la tabla 1 se encuentra la información obtenida por el ArcView.

Núm. Cuenca	Área (m ²)	Área (Km ²)	Perímetro (m)	Pend. Media (%)	Elev. Mínima (m)	Elev. Máxima (m)	Elev. Media (m)
1	247572.12	0.2476	3429.24	17.36	1843	2022	1914.90
2	264185.51	0.2642	3212.65	14.08	1842	2007	1906.36
3	50491.68	0.0505	2815.59	3.56	1841	1868	1847.18
4	156361.34	0.1564	2057.54	17.21	1877	1945	1898.99
5	328358.81	0.3284	2743.39	12.22	1840	1918	1868.52
6	115316.49	0.1153	2274.13	9.66	1837	1909	1866.62
7	285685.20	0.2857	4909.23	3.98	1837	1888	1844.82
8	237799.54	0.2378	8194.07	4.99	1837	1889	1848.03
9	69059.59	0.0691	1588.28	9.24	1837	1889	1859.33
10	369077.91	0.3691	4909.23	7.51	1837	1890	1848.91
Promedio	2123908.21	2.1239		9.98			

Tabla 1. Características de las cuencas.

6.2.3 Caracterización del Tipo de Suelos.

La información del tipo de suelo registrada por el INEGI, que fue procesada con ayuda de los Sistemas de Información Geográfica que para este proyecto fue el Arcview. Teniendo como resultado lo siguiente.

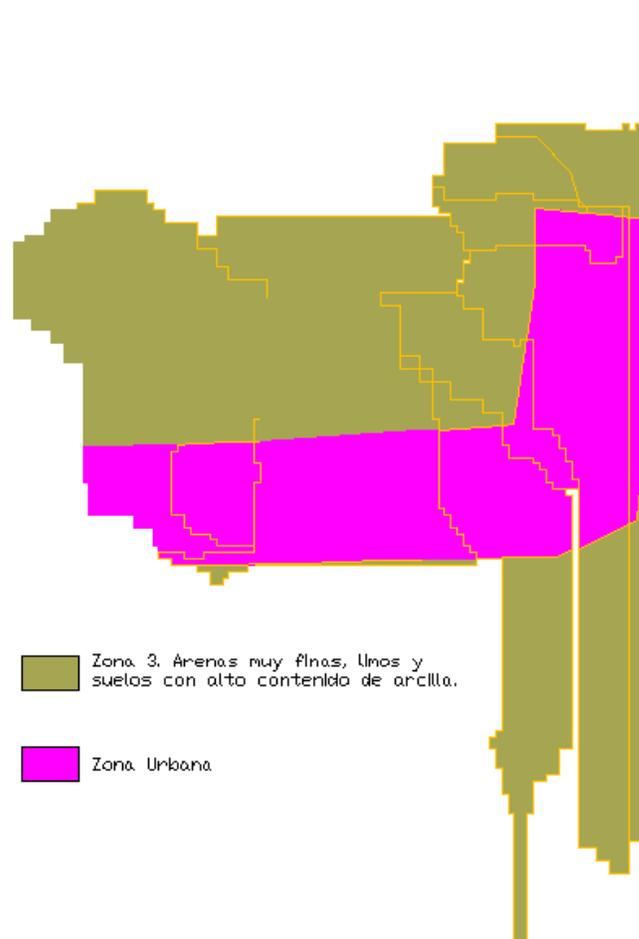


Figura 3. Tipos de suelo de la zona de estudio.

6.3 Análisis de la Información Pluviométrica.

6.3.1 Período de diseño.

El periodo al final del cual una obra trabaja a saturación se conoce como período de diseño. El sistema debe garantizar la rentabilidad de la obra durante el período de diseño escogido.

Además las obras complementarias de los sistemas de alcantarillado se diseñaran en lo posible, para sus periodos óptimos de diseño. El periodo óptimo de una obra de ingeniería es una función del factor de economía de escala.

Además en la hidrología de cuencas pequeñas, la descarga pico está relacionada con el tiempo de concentración. Las áreas pequeñas tienen un tiempo de concentración corta, y esto produce una intensidad alta y una descarga pico alta (por unidad de área). Sin embargo, como el área es pequeña. Por lo tanto para áreas pequeñas con tiempo de concentración medido en minutos, no es usualmente económico el diseñar para períodos de retorno largos.

No es posible diseñar una obra de protección contra inundaciones cien por ciento segura, debido a que resultaría extremadamente costosa y resultaría complejo definir la capacidad de la misma.

Cuando el sistema de alcantarillado pluvial se diseña para periodos de diseño mayores a 10 años, las obras resultan muy costosas y el sistema estaría funcionando la mayor parte del tiempo por debajo de su capacidad.

Por razones de economía, se ha propuesto usar periodos de retorno de diseño pequeños (entre 1.5 y 10 años), ya que se logra un funcionamiento adecuado del sistema durante lluvias ordinarias, aunque se tengan encharcamientos e inundaciones que provoquen ligeros daños y molestias a la población durante lluvias extraordinarias.

El diseño del sistema con un evento de lluvia con magnitud correspondiente a 5 o 10 años de período de retorno es un período económico de diseño porque la obra no es costosa y se tiene un nivel de protección adecuado en condiciones de lluvias ordinarias.

Según la tabla 2 nos muestra los períodos de retorno recomendables

TIPO DE ESTRUCTURA	T (años)
Alcantarillas en caminos secundarios, drenaje de lluvia o contracunetas	5 a 10
Drenaje lateral de los pavimentos, donde pueden tolerarse encharcamientos causados por lluvias de corta duración	1 a 2
Drenaje de aeropuertos	5
Drenaje urbano	2 a 10

Fuente. Manual de Agua Potable Alcantarillado y Saneamiento.

Tabla 2. Períodos de retorno para diseño de estructuras menores.

En la presente tesis, se considera un periodo de diseño de 10 años.

6.3.2 Estaciones.

Existe un gran vacío entre las necesidades y la disponibilidad de información. Los servicios meteorológicos y otros servicios responsables de la medición y el manejo de los datos no proporcionan todavía información sobre la distribución espacial y temporal de precipitaciones con la precisión necesaria para las aplicaciones de drenaje urbano y de lluvias, recordando que la precipitación varía en el tiempo y espacio de acuerdo a un patrón general de circulación atmosférica y de acuerdo a factores locales. Las variaciones estacionales pronunciadas acontecen cuando la oscilación anual en la circulación atmosférica cambia la cantidad de humedad atmosférica sobre estas regiones. La precipitación puede ser muy variable dependiendo del tipo de zona en el que nos encontremos.

6.3.2.1 Identificación de estaciones.

Según la base de datos del ERIC 3, a lo largo del estado de Michoacán existen alrededor de 515 estaciones con registros de lluvia, de las cuales alrededor de 10 se localizan dentro o en las cercanías de la zona de estudio. De las cuales al hacer un estudio de la información de las estaciones solamente 3 cumplen con los requerimientos y son las estaciones de:

1. Huandacareo, Cuitzeo (16250)
2. Huaniqueo, Huaniqueo (16050)
3. Cuitzeo, Cuitzeo (16027)

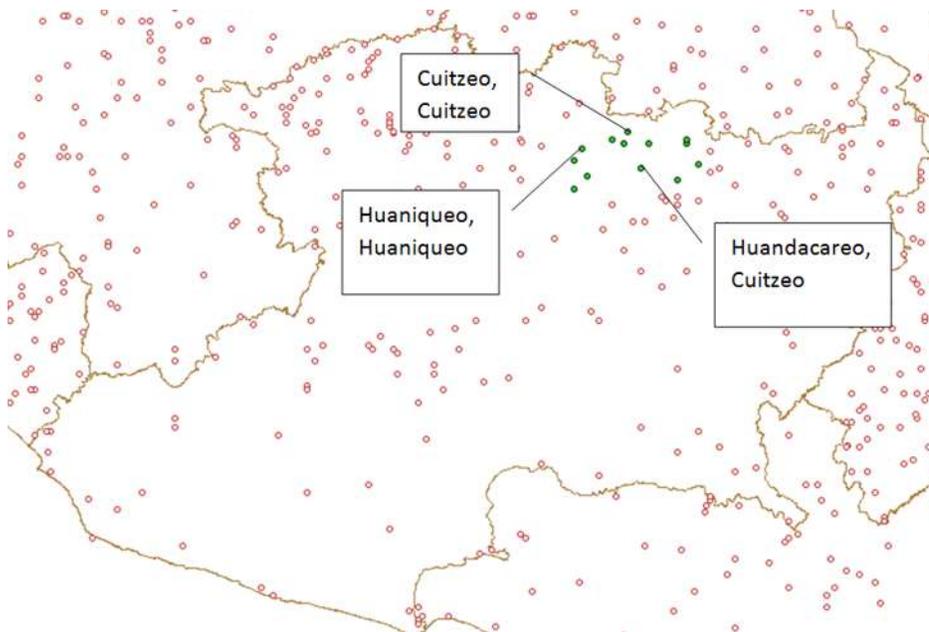


Figura 4. Localización de estaciones.

De los datos proporcionados de las estaciones y teniendo ya en cuenta nuestro periodo de retorno los datos se analizarán con la distribución Normal, Lognormal y Gumbel.

Año	Precipitación Máxima 24 horas (EB)	m	De mayor a menor	T=(n+1)/m
1924	54.19	1	102.56	71.00
1925	79.56	2	85.28	35.50
1926	46.24	3	83.77	23.67
1927	51.18	4	83.77	17.75
1928	50.61	5	79.56	14.20
1929	38.18	6	78.78	11.83
1930	44.99	7	76.10	10.14
1931	66.28	8	75.52	8.88
1932	43.78	9	75.09	7.89
1933	45.02	10	73.39	7.10
1934	73.39	11	72.25	6.45
1935	78.78	12	71.73	5.92
1936	49.19	13	70.95	5.46
1937	67.28	14	69.50	5.07
1938	34.79	15	68.93	4.73
1940	49.53	16	68.87	4.44
1941	58.19	17	68.36	4.18
1942	47.38	18	68.33	3.94
1943	42.22	19	67.28	3.74
1944	42.06	20	66.28	3.55
1948	46.28	21	65.00	3.38
1950	40.45	22	64.71	3.23
1951	42.32	23	63.90	3.09
1953	42.67	24	63.04	2.96
1954	57.63	25	61.84	2.84
1955	47.84	26	61.42	2.73
1956	51.78	27	60.97	2.63
1957	38.56	28	60.15	2.54
1958	102.56	29	59.07	2.45
1959	75.09	30	58.19	2.37
1960	40.55	31	57.63	2.29
1961	49.32	32	56.99	2.22
1962	48.43	33	56.50	2.15
1963	71.73	34	55.11	2.09
1964	60.15	35	54.19	2.03
1965	60.97	36	53.94	1.97
1966	61.84	37	53.58	1.92
1967	85.28	38	51.78	1.87
1968	49.98	39	51.69	1.82

Año	Precipitación Máxima 24 horas (EB)	m	De mayor a menor	T=(n+1)/m
1969	51.69	40	51.18	1.78
1970	48.82	41	51.13	1.73
1971	64.71	42	50.61	1.69
1972	68.36	43	50.19	1.65
1973	75.52	44	49.98	1.61
1974	59.07	45	49.53	1.58
1975	68.33	46	49.32	1.54
1976	83.77	47	49.19	1.51
1977	48.71	48	48.82	1.48
1978	83.77	49	48.71	1.45
1979	45.23	50	48.43	1.42
1980	69.50	51	47.84	1.39
1981	68.87	52	47.38	1.37
1982	34.07	53	46.28	1.34
1983	70.95	54	46.24	1.31
1984	72.25	55	45.23	1.29
1985	76.10	56	45.02	1.27
1986	61.42	57	44.99	1.25
1987	50.19	58	43.78	1.22
1988	55.11	59	42.67	1.20
1989	53.58	60	42.32	1.18
1990	63.04	61	42.22	1.16
1991	65.00	62	42.06	1.15
1992	63.90	63	40.55	1.13
1993	53.94	64	40.45	1.11
1994	51.13	65	38.56	1.09
1995	56.99	66	38.33	1.08
1996	34.82	67	38.18	1.06
1997	38.33	68	34.82	1.04
1998	68.93	69	34.79	1.03
1999	56.50	70	34.07	1.01

n= 70
prom. Anual Max 24 hr= 57.13 mm

Tabla 3. Cálculo del periodo de retorno

Tr años	X ₀ mm	Normal		Log-normal		Gumbel	
		X _e	(X _e -X ₀) ²	X _e	(X _e -X ₀) ²	X _e	(X _e -X ₀) ²
71.00	102.56	88.47	198.54	95.13	55.26	98.06	20.28
35.50	85.28	84.37	0.83	88.64	11.27	90.27	24.87
23.67	83.77	81.75	4.09	84.73	0.93	85.68	3.66
17.75	83.77	79.76	16.08	81.89	3.52	82.39	1.90
14.20	79.56	78.13	2.03	79.63	0.01	79.83	0.07
11.83	78.78	76.74	4.16	77.75	1.07	77.72	1.13
10.14	76.10	75.51	0.34	76.12	0.00	75.91	0.04
8.88	75.52	74.41	1.24	74.69	0.68	74.34	1.38
7.89	75.09	73.4	2.86	73.4	2.86	72.94	4.63
7.10	73.39	72.46	0.86	72.23	1.35	71.68	2.93
6.45	72.25	71.59	0.44	71.16	1.19	70.53	2.96
5.92	71.73	70.77	0.92	70.16	2.48	69.47	5.12
5.46	70.95	69.99	0.92	69.22	2.99	68.49	6.05
5.07	69.50	69.25	0.06	68.35	1.32	67.57	3.72
4.73	68.93	68.54	0.15	67.51	2.03	66.71	4.94
4.44	68.87	67.85	1.03	66.73	4.57	65.9	8.80
4.18	68.36	67.19	1.36	65.97	5.70	65.12	10.49
3.94	68.33	66.56	3.14	65.25	9.51	64.39	15.55
3.74	67.28	65.94	1.80	64.56	7.42	63.69	12.91
3.55	66.28	65.33	0.89	63.89	5.69	63.01	10.66
3.38	65.00	64.75	0.06	63.25	3.06	62.37	6.92
3.23	64.71	64.17	0.29	62.62	4.36	61.74	8.81
3.09	63.90	63.61	0.09	62.02	3.53	61.14	7.62
2.96	63.04	63.05	0.00	61.43	2.60	60.56	6.16
2.84	61.84	62.51	0.45	60.85	0.98	59.99	3.43
2.73	61.42	61.97	0.31	60.29	1.27	59.44	3.91
2.63	60.97	61.44	0.22	59.74	1.50	58.91	4.23
2.54	60.15	60.92	0.59	59.2	0.90	58.39	3.10
2.45	59.07	60.4	1.78	58.67	0.16	57.87	1.43
2.37	58.19	59.89	2.89	58.15	0.00	57.38	0.66
2.29	57.63	59.38	3.07	57.64	0.00	56.89	0.54
2.22	56.99	58.88	3.56	57.14	0.02	56.41	0.34
2.15	56.50	58.38	3.52	56.64	0.02	55.93	0.32
2.09	55.11	57.87	7.64	56.15	1.09	55.47	0.13
2.03	54.19	57.38	10.15	55.66	2.16	55.01	0.67
1.97	53.94	56.88	8.63	55.18	1.53	54.56	0.38
1.92	53.58	56.38	7.83	54.71	1.27	54.11	0.28
1.87	51.78	55.88	16.8	54.23	6.03	53.67	3.59
1.82	51.69	55.38	13.59	53.76	4.28	53.23	2.37

Tr años	X ₀ mm	Normal		Log-normal		Gumbel	
		X _e	(X _e -X ₀) ²	X _e	(X _e -X ₀) ²	X _e	(X _e -X ₀) ²
1.78	51.18	54.87	13.62	53.29	4.47	52.8	2.64
1.73	51.13	54.36	10.45	52.82	2.84	52.36	1.50
1.69	50.61	53.85	10.5	52.35	3.03	51.93	1.75
1.65	50.19	53.33	9.88	51.89	2.88	51.51	1.74
1.61	49.98	52.81	8.01	51.42	2.09	51.08	1.22
1.58	49.53	52.28	7.57	50.95	2.03	50.65	1.27
1.54	49.32	51.74	5.88	50.48	1.35	50.23	0.83
1.51	49.19	51.2	4.04	50.01	0.67	49.8	0.37
1.48	48.82	50.65	3.34	49.53	0.51	49.37	0.31
1.45	48.71	50.08	1.88	49.05	0.12	48.94	0.05
1.42	48.43	49.51	1.16	48.57	0.02	48.51	0.01
1.39	47.84	48.92	1.16	48.08	0.06	48.07	0.05
1.37	47.38	48.32	0.88	47.58	0.04	47.63	0.07
1.34	46.28	47.7	2.01	47.07	0.62	47.18	0.80
1.31	46.24	47.06	0.67	46.56	0.10	46.73	0.24
1.29	45.23	46.4	1.37	46.03	0.63	46.27	1.07
1.27	45.02	45.72	0.49	45.5	0.23	45.79	0.60
1.25	44.99	45.01	0.00	44.94	0.00	45.31	0.10
1.22	43.78	44.26	0.23	44.37	0.34	44.81	1.05
1.20	42.67	43.48	0.66	43.78	1.24	44.3	2.67
1.18	42.32	42.66	0.12	43.17	0.73	43.77	2.11
1.16	42.22	41.79	0.18	42.53	0.10	43.21	0.99
1.15	42.06	40.86	1.45	41.85	0.04	42.63	0.33
1.13	40.55	39.85	0.5	41.13	0.34	42.01	2.13
1.11	40.45	38.74	2.92	40.35	0.01	41.35	0.81
1.09	38.56	37.51	1.1	39.51	0.91	40.64	4.33
1.08	38.33	36.12	4.88	38.58	0.06	39.84	2.27
1.06	38.18	34.49	13.59	37.51	0.45	38.95	0.59
1.04	34.82	32.51	5.35	36.25	2.05	37.88	9.38
1.03	34.79	29.88	24.08	34.65	0.02	36.54	3.06
1.01	34.07	25.78	68.66	32.29	3.16	34.57	0.25

$\mu = 57.127$
 $\sigma = 14.273$
 $\gamma = 0.645$
 $k = 3.275$
 $\alpha = 57.1267$
 $\beta = 14.273$

Tabla 4. Cálculo de la distribución Normal, Lognormal y Gumbel.

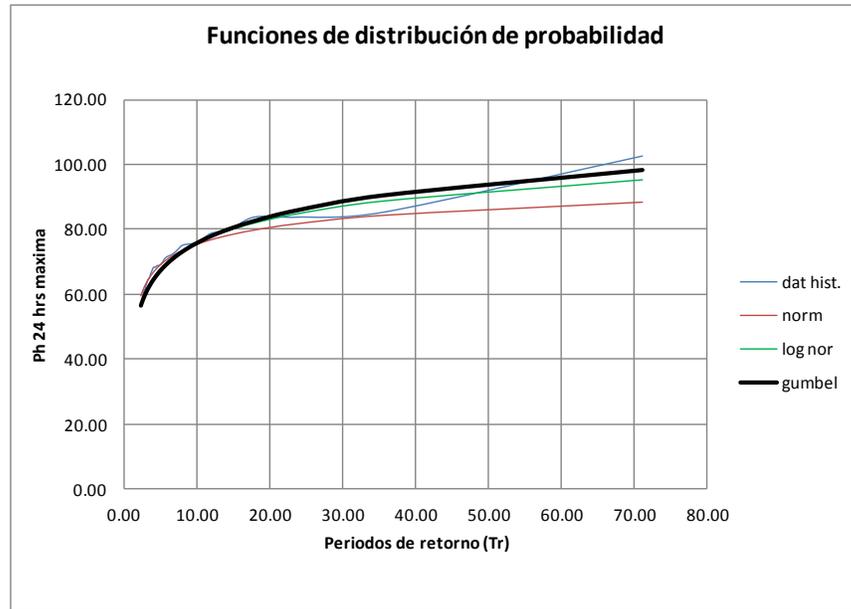


Figura 5. Distribución de probabilidad.

Como se puede apreciar la distribución que mejor ajusta es la Gumbel así que con esa distribución se estará trabajando.

Distribución Gumbel		
Periodo de retorno T	F(X)	Precipitación máxima 24 horas
2	0.5000	54.78 mm
5	0.8000	67.39 mm
10	0.9000	75.74 mm
20	0.9500	83.74 mm

Tabla 5. Resumen de periodo de retorno con la distribución Gumbel

6.4 Método Racional.

El método racional, permite obtener el gasto pico a la salida de una cuenca a partir de una relación de proporcionalidad entre el gasto pico y el volumen total de agua precipitada en una superficie. La proporcionalidad está dada por el coeficiente de escurrimiento. El método asume que la lluvia tiene una duración igual el tiempo de concentración. Lo que garantizaría la aportación total de la cuenca.

Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación.

Para estimar el tiempo de concentración es mediante la fórmula de Kirpich.

$$tc = 0.000325 \times \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

S es la pendiente del cauce principal.

L es la longitud del cauce principal de la cuenca en m.

Tc es el tiempo de concentración en h.

$$tc = 0.000325 \times \frac{2397.1279^{0.77}}{9.98226^{0.385}} = 0.5346633h = 30 \text{ min}$$

6.5 Curvas IDF.

Para el caso de esta tesis se seleccionó la intensidad o altura de precipitación con una duración de 30 minutos y período de retorno de 10 años, y después se seleccionó el hietograma de una librería de lluvias de diseño sintéticas formada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Dando por resultado una intensidad de:

$$I = 52 \frac{mm}{h} = 0.00001444 \frac{m}{s}$$

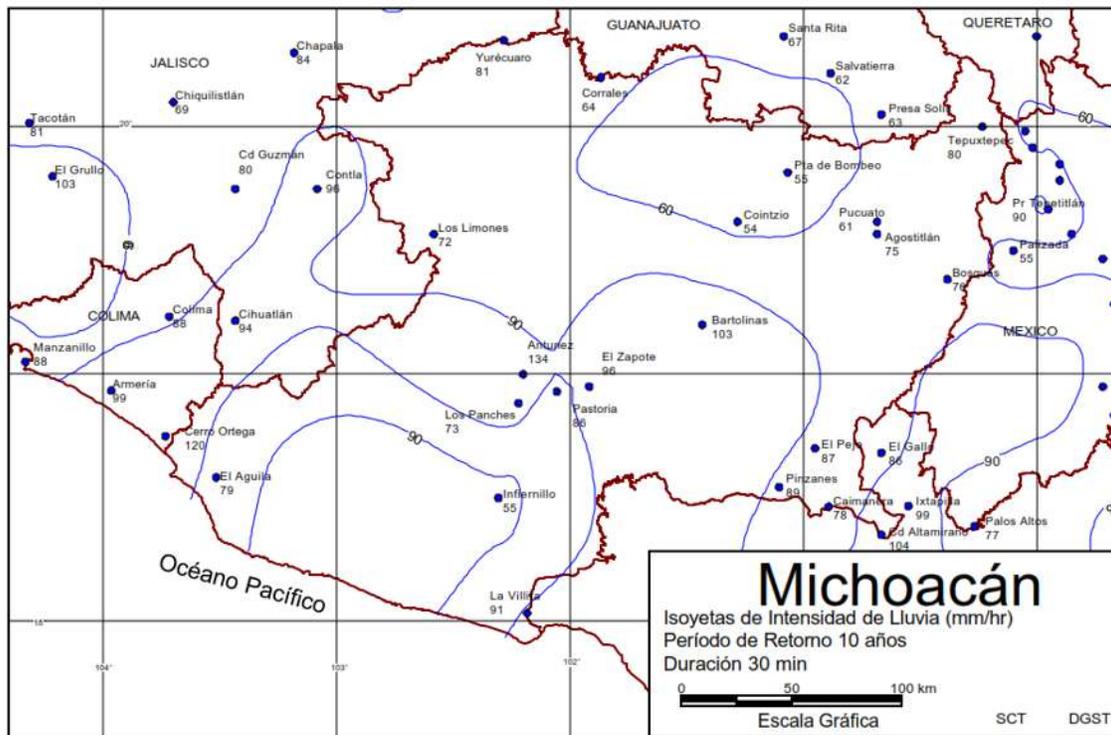


Figura 6. Isoyetas de Intensidad de Lluvia.

6.6 Hietograma.

Ya obtenido la precipitación para un periodo de retorno, dicho valor se debe repartir para lo largo de 24 horas. La distribución que se utilizó para esta tesis fue la Distribución de Huff, que a continuación se describe.

6.6.1 Distribución de Huff

Huff (1967) desarrolló a partir del análisis de los datos de lluvia del estado de Illinois (USA), para cuencas de hasta 400 millas cuadradas de superficie, una serie de patrones temporales de precipitación. De acuerdo con los datos analizados, distribuyó las precipitaciones en cuatro grupos, de acuerdo con la intensidad de precipitación (cuatro cuartiles). Las distribuciones que se consideran más

adecuadas para su empleo en procesos de dimensionamiento son las correspondientes a los dos primeros cuartiles, las más severas.

En la figura 7 muestra la distribución de precipitación acumulada en función del tiempo, que corresponde al primer cuartil (lluvias más severas) y para diferentes patrones de probabilidad. Se entiende que por ejemplo la gráfica de un patrón de distribución corresponde a un 10 por ciento de probabilidad, cuando la probabilidad de que el patrón de distribución temporal esté situado a la izquierda de dicha gráfica es precisamente de un 10 %.

Se presenta la distribución temporal expresada en tanto por ciento de la cantidad de lluvia total, para el patrón de distribución con probabilidad 50 %. Esta es la distribución temporal.

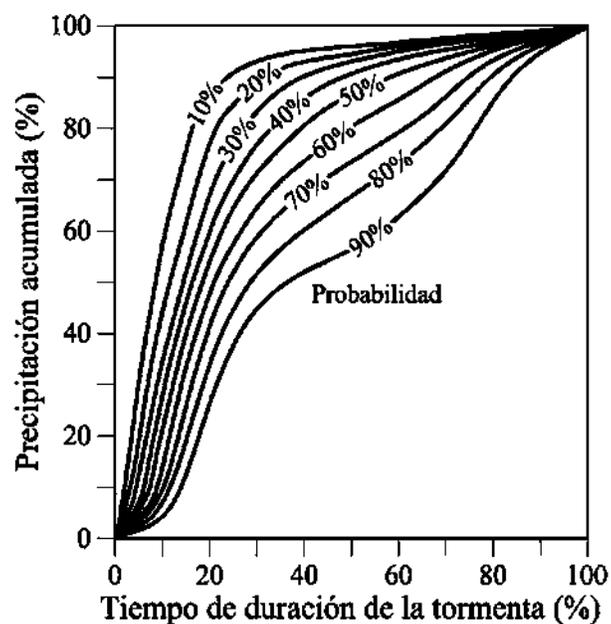


Figura 7. Distribución de precipitación acumulada en función del tiempo que corresponde al primer cuartil, y para diferentes patrones de probabilidad.

10% de Probabilidad

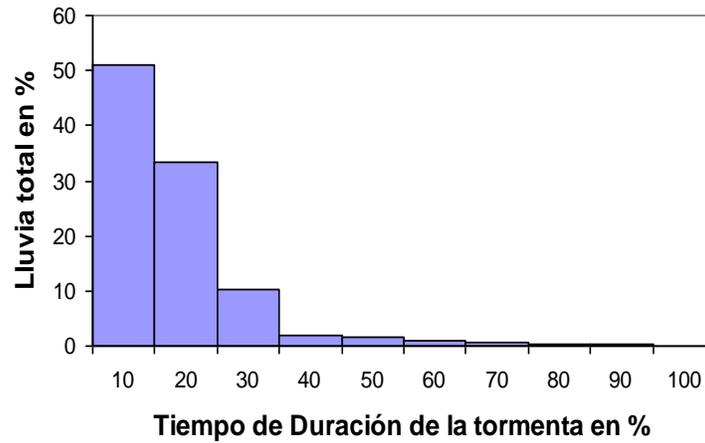


Figura 8. Patrones de distribución temporal de Huff. 10% de probabilidad.

90% de Probabilidad

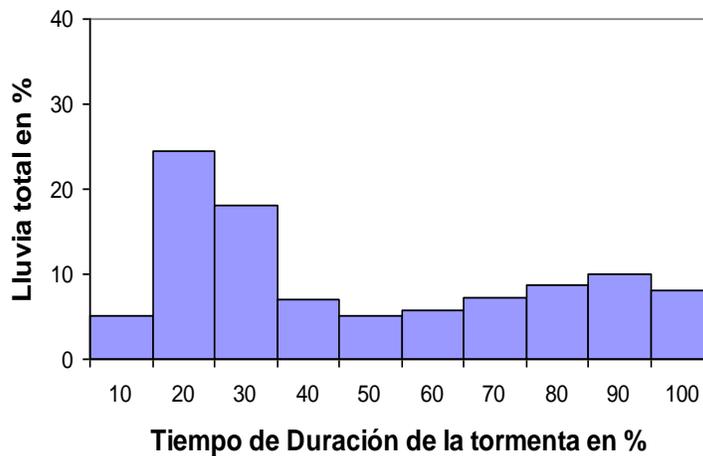


Figura 9. Patrones de distribución temporal de Huff. 90% de probabilidad.

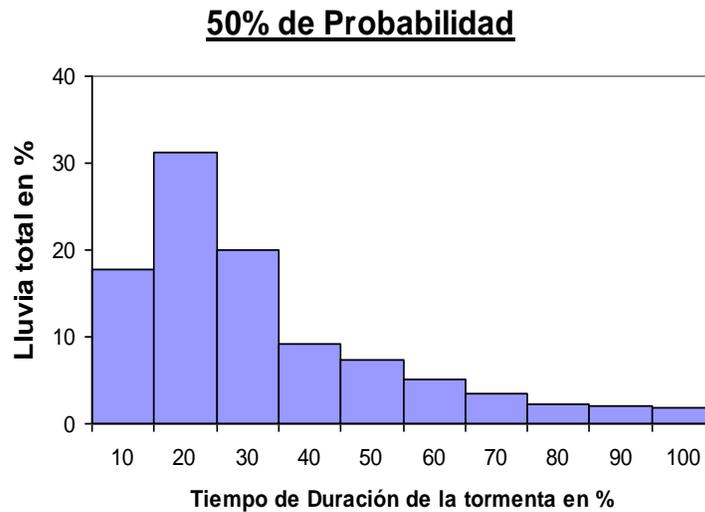


Figura 10. Patrones de distribución temporal de Huff. 50% de probabilidad.

Para nuestro caso es un periodo de retorno de 10 años y una precipitación máxima 24 horas de 75.736 mm, así nos resulta la siguiente distribución con una probabilidad del 90 %.

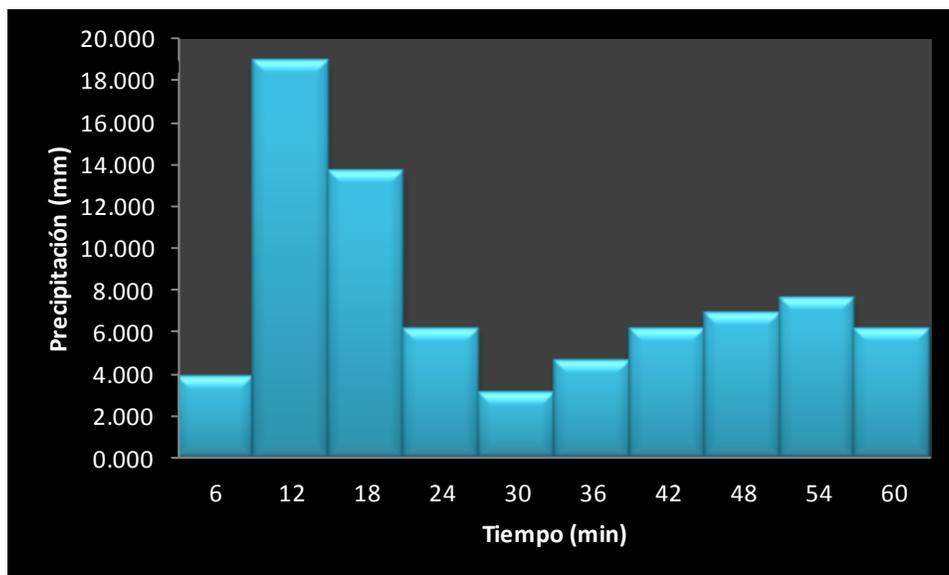


Figura 11. Patrones de distribución temporal de Huff. 90% de probabilidad.

7 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

Una vez que los datos han sido ingresados al programa y este ha corrido sin ningún inconveniente se procede a realizar la simulación para ver el comportamiento de los conductos. Una vez que se está de acuerdo con la simulación, se procede a presentar las tablas de resultados, gráficos de caudal y perfiles.

Se realizaron dos diseños en el cual el primero nos representa el drenaje pluvial y el segundo una combinación de drenaje pluvial y drenaje sanitario.

7.1 PROPIEDADES DE LOS OBJETOS.

SUBCUENCAS						
Nombre	Raingage	Outlet	Área (Ha)	Porcentaje de Impermeabilidad	Ancho (m)	Pendiente
C-1	P1	P-159	24.757212	72.53	723.1531	0.173570
C-2	P1	P-155	26.418552	76.19	680.9514	0.140842
C-3	P1	P-145	5.049168	24.89	782.2100	0.035594
C-4	P1	P-127	15.636134	100.00	598.7873	0.172077
C-5	P1	P-122	32.835882	49.57	880.6491	0.122247
C-6	P1	P-60	11.531649	72.48	250.6880	0.096616
C-7	P1	P-68	28.568520	62.35	257.3795	0.039848
C-8	P1	P-1	23.779954	82.64	765.2439	0.049935
C-9	P1	P-13	69.059592	60.2	478.9485	0.092394
C-10	P1	P-24	36.907791	48.88	811.7490	0.075103

Tabla 6. Propiedades de las subcuencas.

SUBÁREAS							
Subcuenca	N-Impermeable	N-Permeable	S - Impermeable	S - Permeable	% 0 - Impermeable	Flujo entre Subáreas	Porcentaje Flujo
C-1	0.013	0.015	1.25	2.50	25	PERVIOUS	14.26
C-2	0.013	0.015	1.25	2.50	25	PERVIOUS	16.18
C-3	0.010	0.100	1.25	2.50	25	OUTLET	
C-4	0.013	0.015	1.25	2.50	25	OUTLET	
C-5	0.013	0.015	1.25	2.50	25	PERVIOUS	23.82
C-6	0.013	0.015	1.25	2.50	25	PERVIOUS	13.49
C-7	0.010	0.100	0.05	0.05	25	OUTLET	
C-8	0.013	0.015	1.25	2.50	25	OUTLET	
C-9	0.013	0.015	1.25	2.50	25	PERVIOUS	13.49
C-10	0.013	0.015	1.25	2.50	25	OUTLET	

N-Impermeable: Coeficiente n de Manning para escorrentía superficial.

N-Permeable: Coeficiente n de Manning para escorrentía superficial.

S-Impermeable: Altura de almacenamiento en depresión sobre el área impermeable de la cuenca.

S-Permeable: Altura de almacenamiento en depresión sobre el área permeable de la cuenca.

% 0 - Impermeable: Porcentaje de suelo impermeable que no presenta almacenamiento en depresión.

PERVIOUS: Flujo desde impermeable hacia permeable.

OUTLET: Ambas áreas aportan directamente a la descarga.

Porcentaje Flujo: Porcentaje de escorrentía entre las distintas áreas.

Tabla 7. Propiedades de las subáreas.

7.2 Infiltración.

Se define como el movimiento del agua, a través de la superficie del suelo y hacia adentro del mismo, producido por la acción de las fuerzas gravitacionales y capilares. La variabilidad espacial de la capacidad de infiltración del suelo añade un grado de dificultad adicional ya que los datos de campo se estiman mediante ensayos en pequeñas porciones del terreno. Es notable la dispersión existente en los datos experimentales obtenidos mediante ensayos de infiltración en el lugar. En este sentido, no hay que olvidar que en la mayoría de cuencas experimentales tan solo nos limitamos a medir la precipitación, la mayoría de las veces en un solo punto, y el caudal de salida, sin posibilidad alguna de registrar de forma directa el proceso de pérdidas. La capacidad de infiltración de un terreno depende del tipo de suelo existente, la pendiente del terreno, el grado de humedad previo del mismo suelo, su índice de porosidad, etc.

El programa SWMM 5.0 realiza un tratamiento específico de las pérdidas por infiltración. Para esta tesis se utilizó el Método del número de curva (CN) del SCS, el cual se describe a continuación.

7.2.1 Método del número de curva (CN) del SCS.

El método del número de curva desarrollado por el Soil Conservation Service de los Estados Unidos, actualmente Natural Resources Conservation Service (NRCS), es un método muy difundido sobre todo gracias a los numerosos datos de campo que existen en la literatura sobre el tema. En realidad no se trata de un modelo de infiltración sino de un modelo global de pérdidas de precipitación, con el que se trata de reflejar tanto las de interceptación y pérdidas por almacenamiento en depresiones del terreno, con este método se asume así la capacidad total de infiltración del suelo puede encontrarse en una tabla de Números de Curva tabulados. Durante un evento de lluvia acumulada y de la capacidad de infiltración restante. Los parámetros que necesita el software son el número de curva, la conductividad hidráulica del suelo (utilizada para estimar un tiempo de separación mínimo entre los distintos eventos de lluvia) y por último el tiempo que tarda el suelo en saturarse completamente cuando inicialmente era un suelo completamente seco.

INFILTRACIÓN			
Subcuenca	Número de Curva	Conductividad	Tiempo de saturación
C-1	78	0.5	7
C-2	78	0.5	7
C-3	89	0.5	7
C-4	89	0.5	7
C-5	89	0.5	7
C-6	89	0.5	7
C-7	78	0.5	7
C-8	89	0.5	7
C-9	89	0.5	7
C-10	89	0.5	7

Tabla 8. Propiedades de Infiltración en las cuencas.

Descripción del Uso del Suelo	Tipo de Suelos			
	A	B	C	D
Tierra cultivada				
Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastos y prados				
En malas condiciones	68	79	86	89
En buenas condiciones	39	61	74	80
Pradera				
En buenas condiciones	30	58	71	78
Terreno boscoso				
Poco denso, cubierta forestal pobre o inexistente	45	66	77	83
Buena cubierta forestal ¹⁾	25	55	70	77
Espacios abiertos (césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.)				
En buenas condiciones (75% o más de hierba)	39	61	74	80
En pobres condiciones (50-75% de hierba)	49	69	79	84
Zonas comerciales (85% impermeable)	89	92	94	95
Polígonos industriales (72% impermeable)	81	88	91	93
Zona residencial ²⁾				
Tamaño medio de la parcela ³⁾ (% Impermeabilidad ⁴⁾)				
< 500 m ² (65%)	77	85	90	92
1000 m ² (38%)	61	75	83	87
1500 m ² (30%)	57	72	81	86
2000 m ² (25%)	54	70	80	85
4000 m ² (20%)	51	68	79	84
Aparcamientos pavimentados, tejados, caminos asfaltados, etc.	98	98	98	98
Calles y carreteras				
Pavimentados, con cunetas y colectores de drenaje	98	98	98	98
Caminos de grava	76	85	89	91
Sucios	72	82	87	89

Fuente: SCS Urban Hydrology for Small Watersheds, 2ª Ed., (TR-55), Junio 1986.

Tabla 9. Número de Curva para escorrentía (CN) según el SCS.

Textura del suelo	K (mm/h)
Arena	120,40
Arena margosa	29,97
Marga Arenosa	10,92
Marga	3,30
Sedimentos de marga	6,60
Marga areno-arcillosa	1,52
Marga arcillosa	1,02
Sedimentos de marga arcillosa	1,02
Arcilla arenosa	0,51
Sedimentos de arcilla	0,51
Arcilla	0,25

Fuente: Rawls, W. J. et al (1983). ASCE Journal of Hydraulic Engineering, N° 109; p. 1316

Tabla 10. Conductividad Hidráulica saturada del suelo.

7.3 Propiedades de la red de drenaje pluvial.

Pozos		
Nombre	Cota del terreno	Máxima Elevación
P-1	1896.95	2.50
P-10	1895.21	2.50
P-100	1893.40	2.50
P-101	1893.45	2.50
P-104	1893.55	2.50
P-105	1893.70	2.50
P-105'	1893.58	2.50
P-108	1894.98	2.50
P-109	1894.77	2.50
P-11	1894.82	2.50
P-111	1894.29	2.50
P-113	1894.00	2.50
P-115	1893.80	2.50
P-117	1893.50	2.50
P-119	1893.30	2.50
P-12	1894.70	2.75
P-120	1893.20	3.00
P-121	1893.82	2.50
P-122	1894.12	2.50
P-123	1894.38	2.50
P-124	1894.80	2.50
P-125	1895.00	2.50
P-126	1895.72	2.50
P-127	1895.82	2.50
P-129	1895.35	2.50
P-13	1895.80	2.75
P-131	1895.13	2.50
P-133	1894.27	3.00
P-136	1893.15	3.00
P-138	1894.48	2.50
P-139	1894.22	2.80
P-14	1895.63	2.50
P-140	1894.27	2.50
P-141	1894.10	2.50
P-145	1894.50	2.50
P-146	1894.30	2.50
P-148	1895.80	2.50
P-149	1895.60	2.50

Pozos		
Nombre	Cota del terreno	Máxima Elevación
P-15	1895.63	2.50
P-151	1894.80	2.50
P-153	1894.50	2.50
P-155	1896.00	3.00
P-156	1895.70	2.50
P-158	1895.00	2.50
P-159	1895.90	2.50
P-16	1895.60	2.50
P-160	1895.70	2.50
P-164	1895.50	2.50
P-167	1894.90	2.50
P-168	1894.70	2.50
P-169	1893.10	2.50
P-17	1895.01	2.75
P-170	1892.80	3.50
P-171	1892.00	3.50
P-172	1891.50	3.50
P-173	1891.00	3.50
P-18	1894.93	2.75
P-19	1894.81	2.75
P-2	1895.50	2.50
P-21	1894.70	2.50
P-22	1894.70	2.50
P-23	1894.42	2.50
P-24	1894.50	2.50
P-26	1893.82	2.50
P-29	1895.40	2.50
P-3	1895.15	2.50
P-30	1895.30	2.50
P-31	1895.20	2.50
P-32	1895.20	2.70
P-33	1895.15	2.50
P-34	1895.17	2.50
P-35	1895.11	2.50
P-36	1895.05	2.50
P-38	1894.25	2.50
P-4	1896.30	2.50
P-40	1894.22	2.50

Pozos		
Nombre	Cota del terreno	Máxima Elevación
P-42	1892.00	3.50
P-45	1895.80	2.50
P-47	1895.71	2.50
P-49	1895.30	2.51
P-5	1895.20	2.50
P-51	1895.00	2.50
P-52	1894.67	2.50
P-53	1894.00	2.50
P-55	1893.25	2.50
P-56	1893.00	2.50
P-57	1892.80	2.50
P-6	1895.50	2.50
P-60	1893.90	2.50
P-61	1893.78	2.50
P-62	1893.75	2.50
P-63	1893.72	2.50
P-64	1893.68	2.50
P-65	1893.60	2.50
P-66	1893.50	2.50
P-67	1893.30	2.50
P-68	1893.10	2.50
P-7	1896.00	2.50
P-70	1893.63	2.50
P-71	1893.65	2.50
P-75	1893.60	2.50
P-76	1893.55	2.50
P-78	1894.85	2.50
P-79	1894.50	2.50
P-8	1895.60	2.50
P-80	1894.45	2.50
P-82	1894.26	2.50
P-84	1894.03	2.50
P-85	1893.86	2.50
P-86	1893.79	2.50
P-87	1893.75	2.50
P-88	1893.65	2.50
P-89	1893.63	2.50
P-9'	1895.21	2.50

Pozos		
Nombre	Cota del terreno	Máxima Elevación
P-90	1893.60	2.50
P-91	1893.50	2.50
P-92	1893.48	2.50
P-93	1893.35	2.50
P-94	1893.00	2.50
P-95	1893.20	2.50
P-96	1893.25	2.50
P-97	1893.37	2.50
P-98	1893.42	2.50
P-99	1893.38	2.50

Tabla 11. Propiedades de los pozos.

TUBERÍAS				
Nombre	Nudo de entrada	Nudo de salida	Longitud	n Manning
T-1	P-1	P-6	84.27	0.011
T-2	P-2	P-3	62.19	0.011
T-3	P-4	P-5	80.31	0.011
T-4	P-6	P-5	54.42	0.011
T-6	P-7	P-8	62.19	0.011
T-7	P-5	P-8	51.83	0.011
T-8	P-8	P-9'	72.06	0.011
T-9	P-9'	P-10	57.01	0.011
T-5	P-5	P-10	31.10	0.011
T-10	P-10	P-3	156.48	0.011
T-11	P-3	P-11	33.69	0.011
T-12	P-11	P-12	72.56	0.011
T-13	P-13	P-14	98.47	0.011
T-14	P-14	P-15	25.91	0.011
T-15	P-15	P-16	145.11	0.011
T-16	P-16	P-17	69.97	0.011
T-17	P-17	P-18	57.01	0.011
T-18	P-18	P-19	46.64	0.011
T-19	P-19	P-12	31.70	0.011
T-20	P-12	P-21	100.59	0.011
T-21	P-21	P-22	29.00	0.011
T-22	P-22	P-23	129.57	0.011
T-23	P-23	P-24	305.77	0.011
T-24	P-36	P-24	259.13	0.011
T-25	P-24	P-26	212.49	0.011
T-26	P-40	P-26	171.03	0.011
T-27	P-14	P-29	74.64	0.011
T-28	P-29	P-30	165.84	0.011
T-29	P-49	P-30	82.92	0.011
T-30	P-30	P-31	25.91	0.011
T-31	P-31	P-32	31.10	0.011
T-32	P-32	P-33	31.10	0.011
T-33	P-33	P-34	31.10	0.011
T-34	P-34	P-35	25.91	0.011
T-35	P-30	P-35	49.23	0.011
T-36	P-35	P-36	75.56	0.011
T-37	P-52	P-36	108.33	0.011
T-38	P-36	P-38	103.65	0.011

TUBERÍAS				
Nombre	Nudo de entrada	Nudo de salida	Longitud	n Manning
T-39	P-55	P-38	155.48	0.011
T-40	P-38	P-40	104.78	0.011
T-41	P-56	P-40	155.48	0.011
T-42	P-40	P-42	88.10	0.011
T-43	P-57	P-42	155.48	0.011
T-44	P-1	P-4	70.80	0.011
T-46	P-45	P-47	41.46	0.011
T-47	P-63	P-47	165.84	0.011
T-48	P-47	P-49	139.93	0.011
T-49	P-63	P-49	114.02	0.011
T-50	P-49	P-51	76.15	0.011
T-51	P-51	P-52	88.10	0.011
T-52	P-52	P-53	46.64	0.011
T-53	P-65	P-53	62.19	0.011
T-54	P-53	P-55	64.78	0.011
T-55	P-55	P-56	75.15	0.011
T-56	P-66	P-56	63.37	0.011
T-57	P-56	P-57	88.10	0.011
T-58	P-67	P-57	155.48	0.011
T-59	P-60	P-61	64.78	0.011
T-60	P-61	P-62	25.91	0.011
T-61	P-62	P-63	57.01	0.011
T-62	P-64	P-63	139.93	0.011
T-63	P-63	P-65	186.57	0.011
T-64	P-71	P-65	62.19	0.011
T-65	P-65	P-66	129.57	0.011
T-66	P-64	P-71	62.19	0.011
T-67	P-89	P-71	15.50	0.011
T-68	P-71	P-70	62.10	0.011
T-69	P-70	P-75	25.91	0.011
T-70	P-75	P-76	50.52	0.011
T-71	P-91	P-76	73.47	0.011
T-72	P-76	P-66	25.10	0.011
T-73	P-66	P-67	89.68	0.011
T-74	P-68	P-67	90.70	0.011
T-75	P-108	P-78	54.33	0.011
T-76	P-78	P-79	54.50	0.011
T-77	P-79	P-80	124.38	0.011

TUBERÍAS				
Nombre	Nudo de entrada	Nudo de salida	Longitud	n Manning
T-78	P-109	P-80	114.02	0.011
T-79	P-80	P-82	75.15	0.011
T-80	P-111	P-82	114.02	0.011
T-81	P-82	P-84	36.28	0.011
T-82	P-84	P-85	46.64	0.011
T-83	P-85	P-86	62.19	0.011
T-84	P-86	P-87	59.90	0.011
T-85	P-87	P-88	51.83	0.011
T-86	P-88	P-89	42.23	0.011
T-87	P-115	P-105	62.19	0.011
T-88	P-105	P-105'	46.64	0.011
T-89	P-104	P-105'	46.64	0.011
T-90	P-105'	P-90	93.29	0.011
T-91	P-89	P-90	42.23	0.011
T-92	P-90	P-91	82.98	0.011
T-93	P-104	P-91	137.30	0.011
T-94	P-96	P-97	49.28	0.011
T-95	P-95	P-97	44.05	0.011
T-96	P-97	P-98	36.28	0.011
T-97	P-94	P-99	145.11	0.011
T-98	P-98	P-99	12.96	0.011
T-100	P-99	P-100	12.96	0.011
T-101	P-100	P-101	28.50	0.011
T-102	P-101	P-92	41.66	0.011
T-103	P-91	P-92	41.46	0.011
T-104	P-92	P-93	57.01	0.011
T-105	P-126	P-108	124.38	0.011
T-106	P-108	P-109	124.38	0.011
T-107	P-125	P-109	124.38	0.011
T-108	P-109	P-111	88.10	0.011
T-109	P-124	P-111	124.38	0.011
T-110	P-111	P-113	129.57	0.011
T-111	P-123	P-113	124.38	0.011
T-112	P-113	P-115	171.03	0.011
T-113	P-122	P-115	129.96	0.011
T-114	P-115	P-117	77.74	0.011
T-115	P-121	P-117	126.93	0.011
T-116	P-117	P-119	88.10	0.011

TUBERÍAS				
Nombre	Nudo de entrada	Nudo de salida	Longitud	n Manning
T-117	P-127	P-126	62.19	0.011
T-118	P-126	P-125	129.37	0.011
T-119	P-127	P-129	126.92	0.011
T-120	P-129	P-125	62.19	0.011
T-121	P-125	P-124	93.29	0.011
T-122	P-129	P-131	90.70	0.011
T-123	P-131	P-124	67.37	0.011
T-124	P-124	P-123	114.02	0.011
T-125	P-131	P-133	114.02	0.011
T-126	P-148	P-133	191.76	0.011
T-127	P-133	P-123	69.97	0.011
T-128	P-123	P-122	121.79	0.011
T-129	P-138	P-122	114.02	0.011
T-130	P-122	P-121	82.92	0.011
T-131	P-139	P-121	119.20	0.011
T-132	P-121	P-120	31.02	0.011
T-133	P-120	P-119	31.02	0.011
T-135	P-149	P-138	134.75	0.011
T-136	P-138	P-139	90.70	0.011
T-137	P-151	P-139	129.57	0.011
T-138	P-139	P-140	88.10	0.011
T-139	P-145	P-140	119.20	0.011
T-140	P-155	P-148	145.11	0.011
T-141	P-148	P-149	181.39	0.011
T-142	P-156	P-149	145.11	0.011
T-143	P-149	P-151	93.29	0.011
T-144	P-158	P-151	150.30	0.011
T-145	P-151	P-153	82.92	0.011
T-146	P-167	P-153	150.30	0.011
T-147	P-155	P-156	196.94	0.011
T-148	P-159	P-156	139.93	0.011
T-149	P-156	P-158	88.10	0.011
136	P-159	P-160	400.00	0.011
T-151	P-160	P-158	145.11	0.011
T-154	P-160	P-164	88.10	0.011
T-156	P-164	P-167	41.46	0.011
T-152	P-158	P-167	82.92	0.011
T-158	P-167	P-168	182.69	0.011

TUBERÍAS				
Nombre	Nudo de entrada	Nudo de salida	Longitud	n Manning
T-159	P-168	P-146	155.48	0.011
T-160	P-153	P-146	186.58	0.011
T-161	P-146	P-141	116.61	0.011
T-162	P-140	P-141	186.58	0.011
T-163	P-141	P-136	163.25	0.011
T-164	P-120	P-136	225.45	0.011
T-165	P-136	P-169	256.54	0.011
T-166	P-93	P-169	163.35	0.011
T-167	P-169	P-170	93.29	0.011
T-168	P-67	P-170	163.35	0.011
T-169	P-170	P-171	85.51	0.011
T-170	P-57	P-171	163.35	0.011
T-171	P-171	P-172	155.48	0.011
T-172	P-42	P-172	163.35	0.011
T-173	P-172	P-173	104.95	0.011
T-174	P-26	P-173	248.00	0.011
1	P-173	1	400.00	0.01
2	P-117	P-98	83.01	0.011
3	P-94	P-169	118.96	0.011
5	P-96	P-95	47.95	0.011
6	P-95	P-94	114.81	0.011
7	P-6	P-2	218.33	0.011
8	P-4	P-7	61.96	0.011
9	P-7	P-45	232.29	0.011

Tabla 12. Propiedades de las tuberías para la simulación del drenaje pluvial.

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-1	CIRCULAR	0.40
T-2	CIRCULAR	0.40
T-3	CIRCULAR	0.30
T-4	CIRCULAR	0.30
T-6	CIRCULAR	0.35
T-7	CIRCULAR	0.40
T-8	CIRCULAR	0.30
T-9	CIRCULAR	0.30
T-5	CIRCULAR	0.30
T-10	CIRCULAR	0.40
T-11	CIRCULAR	0.40
T-12	CIRCULAR	0.40
T-13	CIRCULAR	0.40
T-14	CIRCULAR	0.40
T-15	CIRCULAR	0.35
T-16	CIRCULAR	0.35
T-17	CIRCULAR	0.35
T-18	CIRCULAR	0.35
T-19	CIRCULAR	0.35
T-20	CIRCULAR	0.40
T-21	CIRCULAR	0.40
T-22	CIRCULAR	0.40
T-23	CIRCULAR	0.40
T-24	CIRCULAR	0.30
T-25	CIRCULAR	0.50
T-26	CIRCULAR	0.30
T-27	CIRCULAR	0.35
T-28	CIRCULAR	0.35
T-29	CIRCULAR	0.30
T-30	CIRCULAR	0.20
T-31	CIRCULAR	0.30
T-32	CIRCULAR	0.30
T-33	CIRCULAR	0.30
T-34	CIRCULAR	0.30
T-35	CIRCULAR	0.30
T-36	CIRCULAR	0.40
T-37	CIRCULAR	0.30
T-38	CIRCULAR	0.30
T-39	CIRCULAR	0.30

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-40	CIRCULAR	0.35
T-41	CIRCULAR	0.30
T-42	CIRCULAR	0.35
T-43	CIRCULAR	0.35
T-44	CIRCULAR	0.40
T-46	CIRCULAR	0.20
T-47	CIRCULAR	0.30
T-48	CIRCULAR	0.30
T-49	CIRCULAR	0.30
T-50	CIRCULAR	0.30
T-51	CIRCULAR	0.30
T-52	CIRCULAR	0.30
T-53	CIRCULAR	0.30
T-54	CIRCULAR	0.40
T-55	CIRCULAR	0.40
T-56	CIRCULAR	0.30
T-57	CIRCULAR	0.40
T-58	CIRCULAR	0.35
T-59	CIRCULAR	0.40
T-60	CIRCULAR	0.40
T-61	CIRCULAR	0.40
T-62	CIRCULAR	0.40
T-63	CIRCULAR	0.40
T-64	CIRCULAR	0.40
T-65	CIRCULAR	0.40
T-66	CIRCULAR	0.40
T-67	CIRCULAR	0.35
T-68	CIRCULAR	0.40
T-69	CIRCULAR	0.40
T-70	CIRCULAR	0.40
T-71	CIRCULAR	0.30
T-72	CIRCULAR	0.30
T-73	CIRCULAR	0.40
T-74	CIRCULAR	0.40
T-75	CIRCULAR	0.35
T-76	CIRCULAR	0.35
T-77	CIRCULAR	0.35
T-78	CIRCULAR	0.35
T-79	CIRCULAR	0.35

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-80	CIRCULAR	0.20
T-81	CIRCULAR	0.35
T-82	CIRCULAR	0.35
T-83	CIRCULAR	0.35
T-84	CIRCULAR	0.35
T-85	CIRCULAR	0.35
T-86	CIRCULAR	0.35
T-87	CIRCULAR	0.35
T-88	CIRCULAR	0.35
T-89	CIRCULAR	0.40
T-90	CIRCULAR	0.35
T-91	CIRCULAR	0.35
T-92	CIRCULAR	0.30
T-93	CIRCULAR	0.40
T-94	CIRCULAR	0.30
T-95	CIRCULAR	0.30
T-96	CIRCULAR	0.30
T-97	CIRCULAR	0.35
T-98	CIRCULAR	0.30
T-100	CIRCULAR	0.30
T-101	CIRCULAR	0.30
T-102	CIRCULAR	0.30
T-103	CIRCULAR	0.40
T-104	CIRCULAR	7.40
T-105	CIRCULAR	0.35
T-106	CIRCULAR	0.35
T-107	CIRCULAR	0.35
T-108	CIRCULAR	0.35
T-109	CIRCULAR	0.20
T-110	CIRCULAR	0.35
T-111	CIRCULAR	0.40
T-112	CIRCULAR	0.40
T-113	CIRCULAR	0.35
T-114	CIRCULAR	0.40
T-115	CIRCULAR	0.35
T-116	CIRCULAR	0.35
T-117	CIRCULAR	0.40
T-118	CIRCULAR	0.35
T-119	CIRCULAR	0.40

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-120	CIRCULAR	0.35
T-121	CIRCULAR	0.35
T-122	CIRCULAR	0.35
T-123	CIRCULAR	0.20
T-124	CIRCULAR	0.35
T-125	CIRCULAR	0.35
T-126	CIRCULAR	0.40
T-127	CIRCULAR	0.40
T-128	CIRCULAR	0.50
T-129	CIRCULAR	0.35
T-130	CIRCULAR	0.50
T-131	CIRCULAR	0.35
T-132	CIRCULAR	0.50
T-133	CIRCULAR	0.35
T-135	CIRCULAR	0.35
T-136	CIRCULAR	0.35
T-137	CIRCULAR	0.35
T-138	CIRCULAR	0.30
T-139	CIRCULAR	0.40
T-140	CIRCULAR	0.40
T-141	CIRCULAR	0.35
T-142	CIRCULAR	0.40
T-143	CIRCULAR	0.35
T-144	CIRCULAR	0.40
T-145	CIRCULAR	0.35
T-146	CIRCULAR	0.30
T-147	CIRCULAR	0.40
T-148	CIRCULAR	0.40
T-149	CIRCULAR	0.35
136	CIRCULAR	0.40
T-151	CIRCULAR	0.35
T-154	CIRCULAR	0.35
T-156	CIRCULAR	0.35
T-152	CIRCULAR	0.35
T-158	CIRCULAR	0.40
T-159	CIRCULAR	0.60
T-160	CIRCULAR	0.35
T-161	CIRCULAR	0.60
T-162	CIRCULAR	0.50

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-163	CIRCULAR	0.60
T-164	CIRCULAR	0.60
T-165	CIRCULAR	0.60
T-166	CIRCULAR	0.40
T-167	CIRCULAR	0.60
T-168	CIRCULAR	0.50
T-169	CIRCULAR	0.70
T-170	CIRCULAR	0.60
T-171	CIRCULAR	0.70
T-172	CIRCULAR	0.50
T-173	CIRCULAR	0.70
T-174	CIRCULAR	0.60
1	CIRCULAR	1.00
2	CIRCULAR	0.30
3	CIRCULAR	0.30
5	CIRCULAR	0.30
6	CIRCULAR	0.35
7	CIRCULAR	0.40
8	CIRCULAR	0.20
9	CIRCULAR	0.20

Tabla 13. Propiedades geométricas de las tuberías para la simulación del drenaje pluvial.

7.4 Información de la red de drenaje sanitaria y pluvial

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-1	CIRCULAR	0.50
T-2	CIRCULAR	0.50
T-3	CIRCULAR	0.40
T-4	CIRCULAR	0.40
T-6	CIRCULAR	0.40
T-7	CIRCULAR	0.40
T-8	CIRCULAR	0.40
T-9	CIRCULAR	0.40
T-5	CIRCULAR	0.40
T-10	CIRCULAR	0.60
T-11	CIRCULAR	0.70
T-12	CIRCULAR	0.70
T-13	CIRCULAR	0.50
T-14	CIRCULAR	0.50
T-15	CIRCULAR	0.50
T-16	CIRCULAR	0.50
T-17	CIRCULAR	0.50
T-18	CIRCULAR	0.50
T-19	CIRCULAR	0.50
T-20	CIRCULAR	0.90
T-21	CIRCULAR	0.90
T-22	CIRCULAR	0.90
T-23	CIRCULAR	0.90
T-24	CIRCULAR	0.50
T-25	CIRCULAR	1.20
T-26	CIRCULAR	0.50
T-27	CIRCULAR	0.50
T-28	CIRCULAR	0.50
T-29	CIRCULAR	0.40
T-30	CIRCULAR	0.50
T-31	CIRCULAR	0.50
T-32	CIRCULAR	0.50
T-33	CIRCULAR	0.50
T-34	CIRCULAR	0.50
T-35	CIRCULAR	0.50
T-36	CIRCULAR	0.50
T-37	CIRCULAR	0.50
T-38	CIRCULAR	0.50
T-39	CIRCULAR	0.50

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-40	CIRCULAR	0.50
T-41	CIRCULAR	0.70
T-42	CIRCULAR	0.50
T-43	CIRCULAR	0.60
T-44	CIRCULAR	0.50
T-46	CIRCULAR	0.50
T-47	CIRCULAR	0.50
T-48	CIRCULAR	0.50
T-49	CIRCULAR	0.45
T-50	CIRCULAR	0.40
T-51	CIRCULAR	0.40
T-52	CIRCULAR	0.40
T-53	CIRCULAR	0.40
T-54	CIRCULAR	0.60
T-55	CIRCULAR	0.70
T-56	CIRCULAR	0.60
T-57	CIRCULAR	0.80
T-58	CIRCULAR	0.60
T-59	CIRCULAR	0.60
T-60	CIRCULAR	0.60
T-61	CIRCULAR	0.60
T-62	CIRCULAR	0.50
T-63	CIRCULAR	0.50
T-64	CIRCULAR	0.50
T-65	CIRCULAR	0.50
T-66	CIRCULAR	0.50
T-67	CIRCULAR	0.40
T-68	CIRCULAR	0.50
T-69	CIRCULAR	0.50
T-70	CIRCULAR	0.50
T-71	CIRCULAR	0.50
T-72	CIRCULAR	0.50
T-73	CIRCULAR	0.50
T-74	CIRCULAR	0.80
T-75	CIRCULAR	0.40
T-76	CIRCULAR	0.40
T-77	CIRCULAR	0.40
T-78	CIRCULAR	0.40
T-79	CIRCULAR	0.40

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-80	CIRCULAR	0.40
T-81	CIRCULAR	0.60
T-82	CIRCULAR	0.60
T-83	CIRCULAR	0.60
T-84	CIRCULAR	0.60
T-85	CIRCULAR	0.60
T-86	CIRCULAR	0.60
T-87	CIRCULAR	0.40
T-88	CIRCULAR	0.40
T-89	CIRCULAR	0.40
T-90	CIRCULAR	0.40
T-91	CIRCULAR	0.40
T-92	CIRCULAR	0.40
T-93	CIRCULAR	0.40
T-94	CIRCULAR	0.50
T-95	CIRCULAR	0.50
T-96	CIRCULAR	0.80
T-97	CIRCULAR	0.80
T-98	CIRCULAR	0.40
T-100	CIRCULAR	0.40
T-101	CIRCULAR	0.40
T-102	CIRCULAR	0.40
T-103	CIRCULAR	0.50
T-104	CIRCULAR	0.50
T-105	CIRCULAR	0.40
T-106	CIRCULAR	0.40
T-107	CIRCULAR	0.40
T-108	CIRCULAR	0.40
T-109	CIRCULAR	0.40
T-110	CIRCULAR	0.40
T-111	CIRCULAR	0.40
T-112	CIRCULAR	0.50
T-113	CIRCULAR	0.40
T-114	CIRCULAR	0.60
T-115	CIRCULAR	0.40
T-116	CIRCULAR	0.40
T-117	CIRCULAR	0.50
T-118	CIRCULAR	0.35
T-119	CIRCULAR	0.50

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-120	CIRCULAR	0.40
T-121	CIRCULAR	0.35
T-122	CIRCULAR	0.80
T-123	CIRCULAR	0.40
T-124	CIRCULAR	0.35
T-125	CIRCULAR	0.80
T-126	CIRCULAR	0.60
T-127	CIRCULAR	0.40
T-128	CIRCULAR	0.50
T-129	CIRCULAR	0.60
T-130	CIRCULAR	0.60
T-131	CIRCULAR	0.60
T-132	CIRCULAR	0.80
T-133	CIRCULAR	0.40
T-135	CIRCULAR	0.60
T-136	CIRCULAR	0.60
T-137	CIRCULAR	0.60
T-138	CIRCULAR	0.60
T-139	CIRCULAR	0.50
T-140	CIRCULAR	0.50
T-141	CIRCULAR	0.60
T-142	CIRCULAR	0.60
T-143	CIRCULAR	0.70
T-144	CIRCULAR	0.60
T-145	CIRCULAR	0.60
T-146	CIRCULAR	0.60
T-147	CIRCULAR	0.50
T-148	CIRCULAR	0.50
T-149	CIRCULAR	0.60
136	CIRCULAR	0.50
T-151	CIRCULAR	0.50
T-154	CIRCULAR	0.50
T-156	CIRCULAR	0.50
T-152	CIRCULAR	0.60
T-158	CIRCULAR	0.70
T-159	CIRCULAR	0.70
T-160	CIRCULAR	0.80
T-161	CIRCULAR	0.90
T-162	CIRCULAR	0.80

GEOMETRÍA DE TUBERÍAS		
Tramo	Geometría	Diámetro
T-163	CIRCULAR	1.00
T-164	CIRCULAR	0.80
T-165	CIRCULAR	1.20
T-166	CIRCULAR	0.50
T-167	CIRCULAR	1.20
T-168	CIRCULAR	0.80
T-169	CIRCULAR	1.20
T-170	CIRCULAR	0.90
T-171	CIRCULAR	1.30
T-172	CIRCULAR	0.60
T-173	CIRCULAR	1.30
T-174	CIRCULAR	1.30
1	CIRCULAR	1.50
2	CIRCULAR	0.40
3	CIRCULAR	0.80
5	CIRCULAR	0.50
6	CIRCULAR	0.60
7	CIRCULAR	0.50
8	CIRCULAR	0.50
9	CIRCULAR	0.50

Tabla 14. Propiedades geométricas de las tuberías para la simulación del drenaje pluvial y sanitario.

Una vez que los datos han sido ingresados al programa y este ha corrido sin ningún inconveniente se procede a realizar la simulación para ver el comportamiento de los conductos. Esto se lo hace porque puede ser que en algunos de los tramos el gradiente hidráulico sea muy alto o que se estén rebosando los pozos y se tenga que hacer algún cambio en el diseño. A continuación se muestran los resultados de la simulación de la red de alcantarillado pluvial y sanitaria, y la red de alcantarillado pluvial.

7.5 Resultados de la simulación de la red de alcantarillado pluvial y sanitaria.

GASTO DE ENTRADA		GASTO DE ENTRADA		GASTO DE ENTRADA	
Pozo	Gasto (LPS)	Pozo	Gasto (LPS)	Pozo	Gasto (LPS)
P-1	7.212	P-153	7.212	P-47	7.212
P-10	7.212	P-155	7.212	P-49	7.212
P-100	7.212	P-156	7.212	P-5	7.212
P-101	7.212	P-158	7.212	P-51	7.212
P-104	7.212	P-159	7.212	P-52	7.212
P-105	7.212	P-16	7.212	P-53	7.212
P-105'	7.212	P-160	7.212	P-55	7.212
P-108	7.212	P-164	7.212	P-56	7.212
P-109	7.212	P-167	7.212	P-57	7.212
P-11	7.212	P-146	9.165	P-6	7.212
P-111	7.212	P-168	8.026	P-60	7.212
P-113	7.212	P-169	18.269	P-61	7.212
P-115	7.212	P-17	7.212	P-62	7.212
P-117	7.212	P-170	18.553	P-63	7.212
P-119	7.212	P-171	24.477	P-64	7.212
P-12	7.212	P-172	24.826	P-65	7.212
P-120	7.212	P-173	32.849	P-66	7.212
P-121	7.212	P-18	7.212	P-67	7.212
P-122	7.212	P-19	7.212	P-68	7.212
P-123	7.212	P-2	7.212	P-7	7.212
P-124	7.212	P-21	7.212	P-70	7.212
P-125	7.212	P-22	7.212	P-71	7.212
P-126	7.212	P-23	7.212	P-75	7.212
P-127	7.212	P-24	7.212	P-76	7.212
P-129	7.212	P-26	7.212	P-78	7.212
P-13	7.212	P-29	7.212	P-79	7.212
P-131	7.212	P-3	7.212	P-8	7.212
P-133	7.212	P-30	7.212	P-80	7.212
P-136	12.046	P-31	7.212	P-82	7.212
P-138	7.212	P-32	7.212	P-84	7.212
P-139	7.212	P-33	7.212	P-85	7.212
P-14	7.212	P-34	7.212	P-86	7.212
P-140	7.212	P-35	7.212	P-87	7.212
P-141	12.282	P-36	7.212	P-88	7.212
P-145	7.212	P-38	7.212	P-89	7.212
P-148	7.212	P-4	7.212	P-9'	7.212
P-149	7.212	P-40	7.212	P-90	7.212
P-15	7.212	P-42	7.212	P-91	7.212
P-151	7.212	P-45	7.212	P-92	7.212

GASTO DE ENTRADA	
Pozo	Gasto (LPS)
P-93	7.212
P-94	7.212
P-95	7.212
P-96	7.212
P-97	7.212
P-98	7.212
P-99	7.212

Tabla 15. Propiedades de gastos de entrada para la simulación del drenaje pluvial y sanitario.

A continuación se muestra el diseño de la red de alcantarillado y la localización de cada uno de sus objetos.

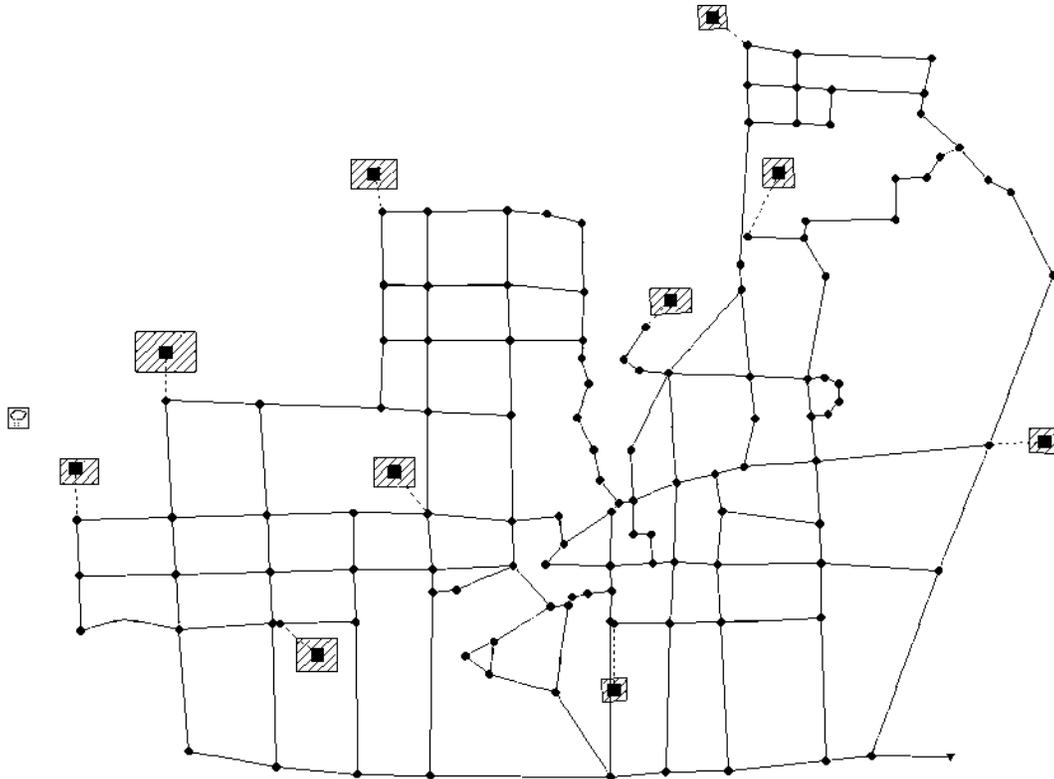


Figura 12. Diseño de la red de alcantarillado.

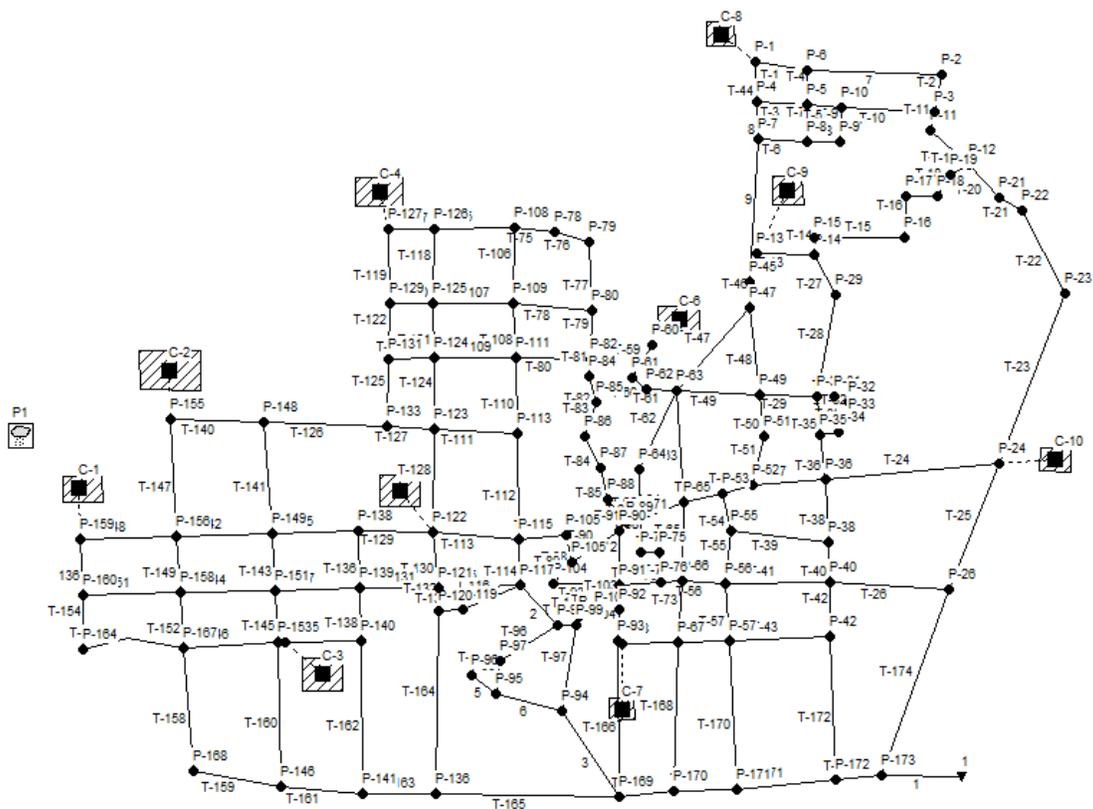


Figura 13. Ubicación de cuencas, pozos y tramos.

7.6 Simulación del drenaje pluvial.

Se seleccionó un tramo del colector con los pozos P-159, P-160 y P-164, que estos a su vez unidos por los tramos 136 y T-154. Al terminar la simulación se obtiene un buen funcionamiento de la red, a continuación se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. Se puede observar que el tramo de la red trabaja a flujo libre. El tramo 136 funcionó con un diámetro de 0.40 m y para el tramo T-154 con un diámetro de 0.35m.

Se observa que empieza aumentar el nivel del caudal.

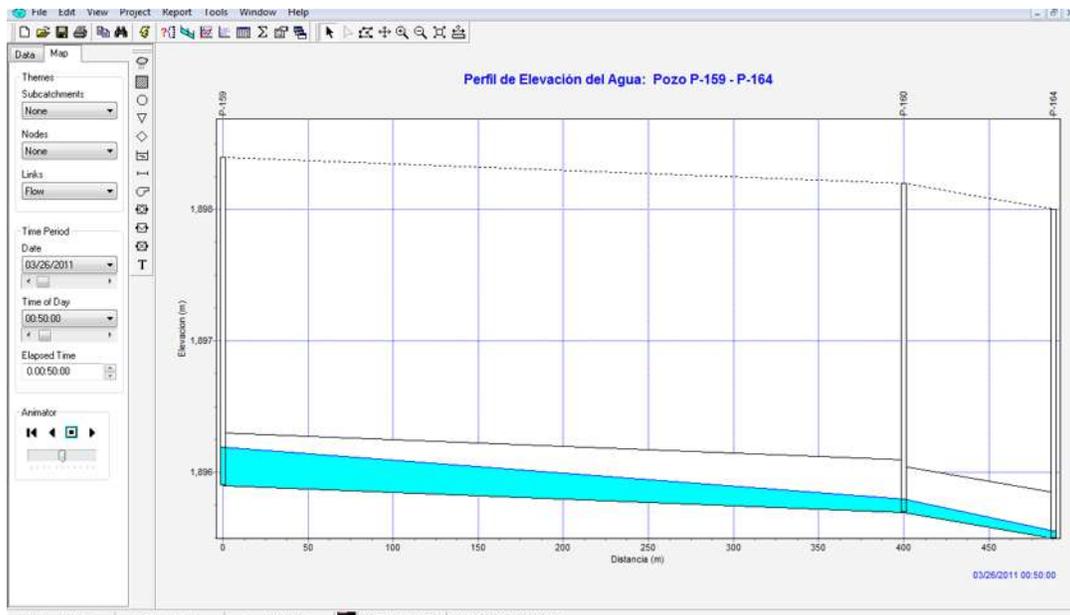


Figura 14. Tiempo 00:50:00

Sigue aumentando el caudal, la tubería sigue trabajando a flujo libre.

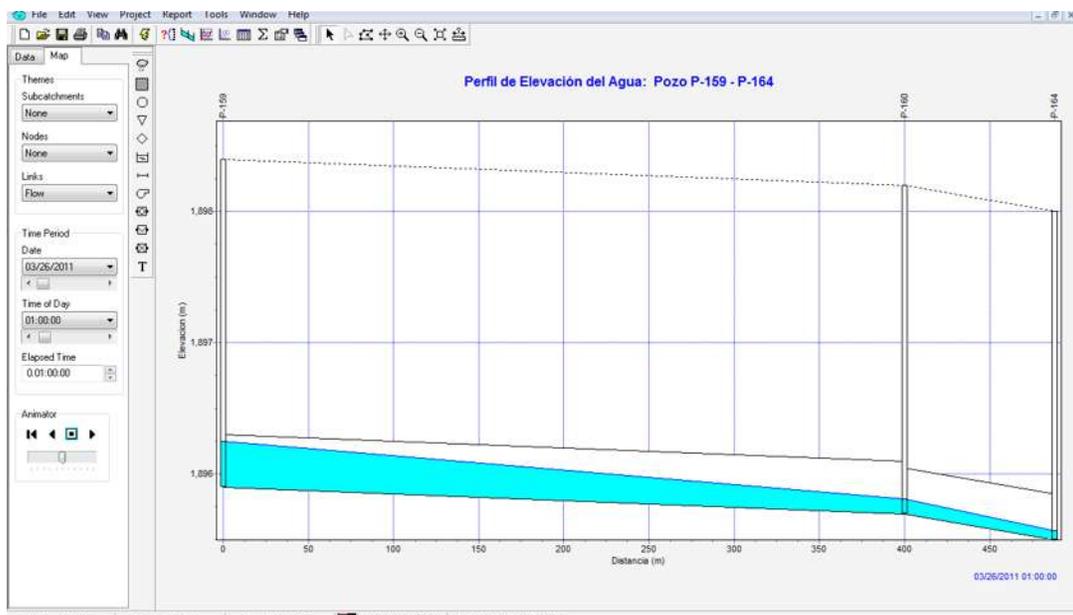


Figura 15. Tiempo 01:00:00

La tubería sigue trabajando a flujo libre.

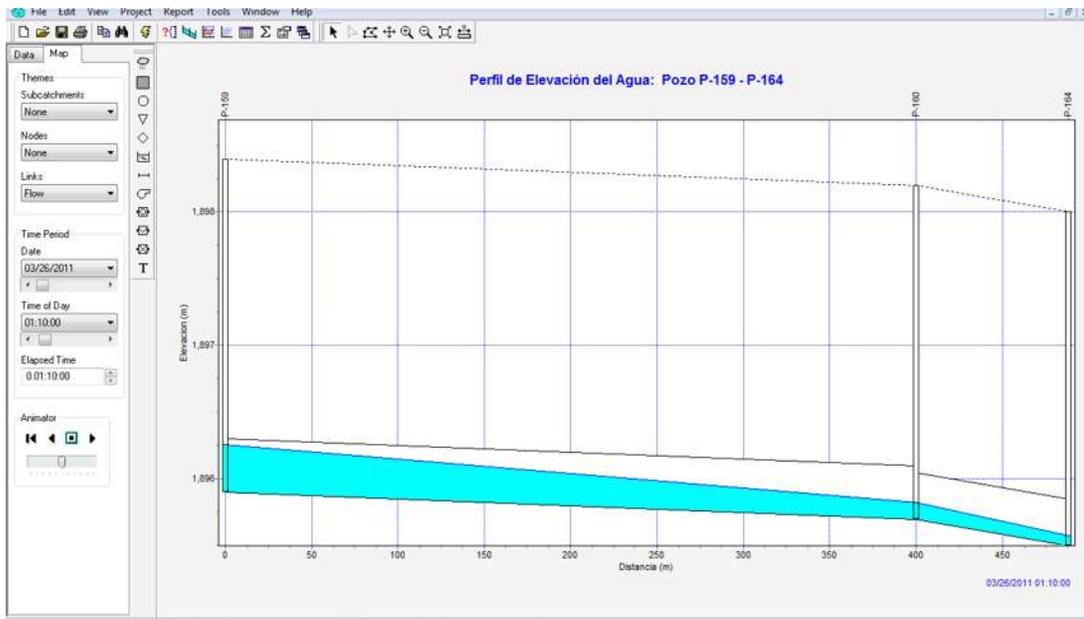


Figura 16. Tiempo 01:10:00

Empieza a disminuir el caudal.

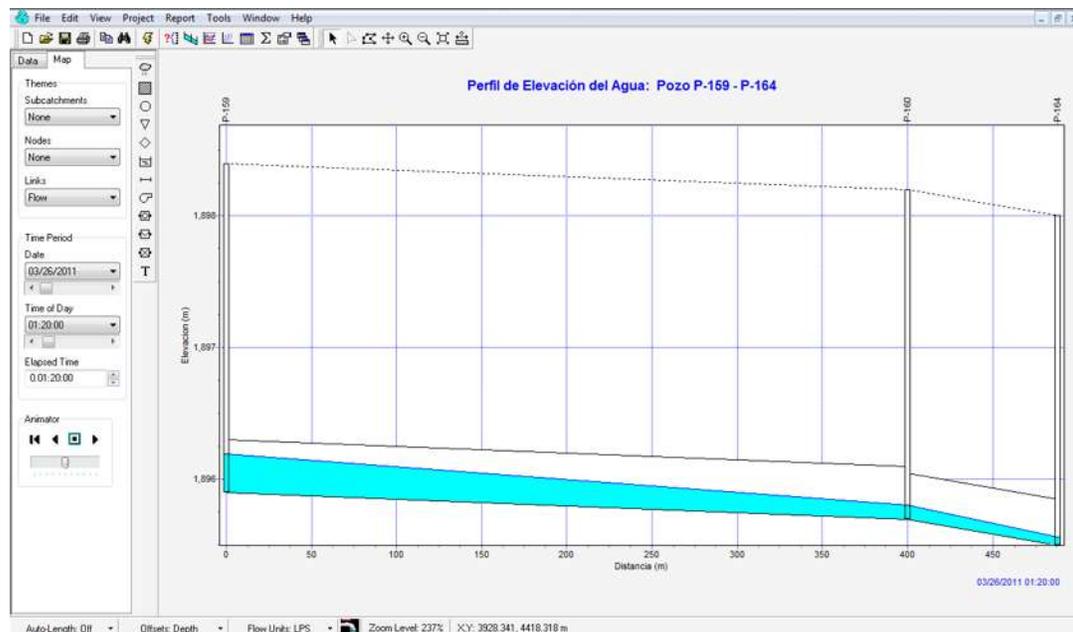


Figura 17. Tiempo 01:20:00



Figura 18. Tiempo 01:30:00

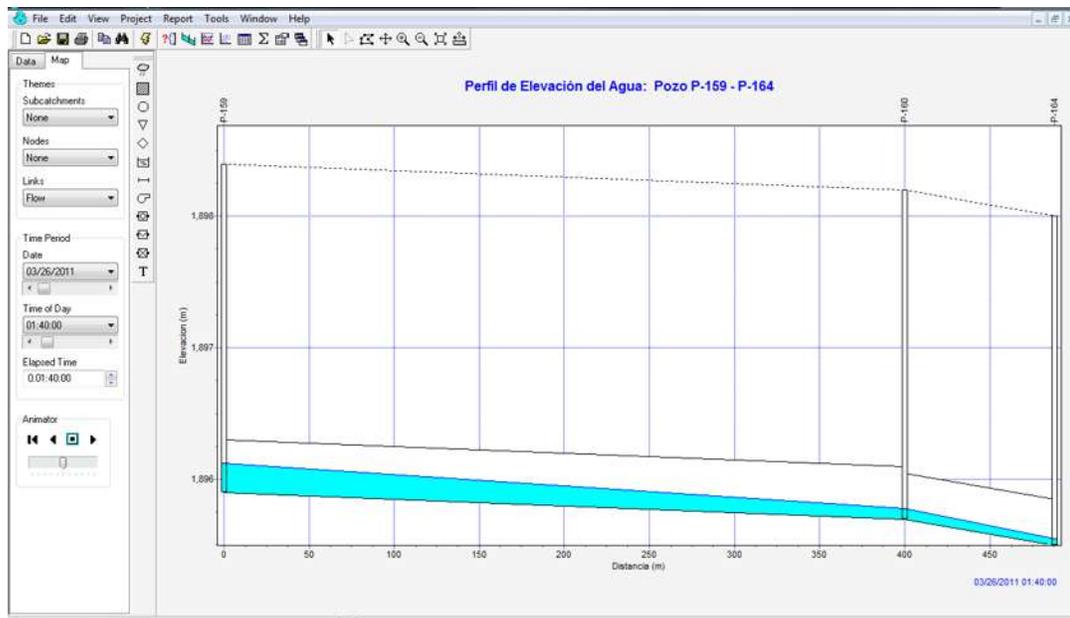


Figura 19. Tiempo 01:40:00

El tramo ubicado por los pozos P-155, P-156, P-158, P-167 y P-168, unidos por los tramos T-147, T-149, T-152 y T-158. Se obtuvo un buen funcionamiento de la red, se muestra que los tiempos críticos de la simulación son de 00:00:50 a 00:01:10. El tramo 147 funcionó con un diámetro de 0.40 m, para el tramo T-149 con un diámetro de 0.35 m, el tramo 152 funcionó con un diámetro de 0.35 m y para el tramo T-158 con un diámetro de 0.40 m. Al observar las simulaciones la red trabaja a flujo libre.

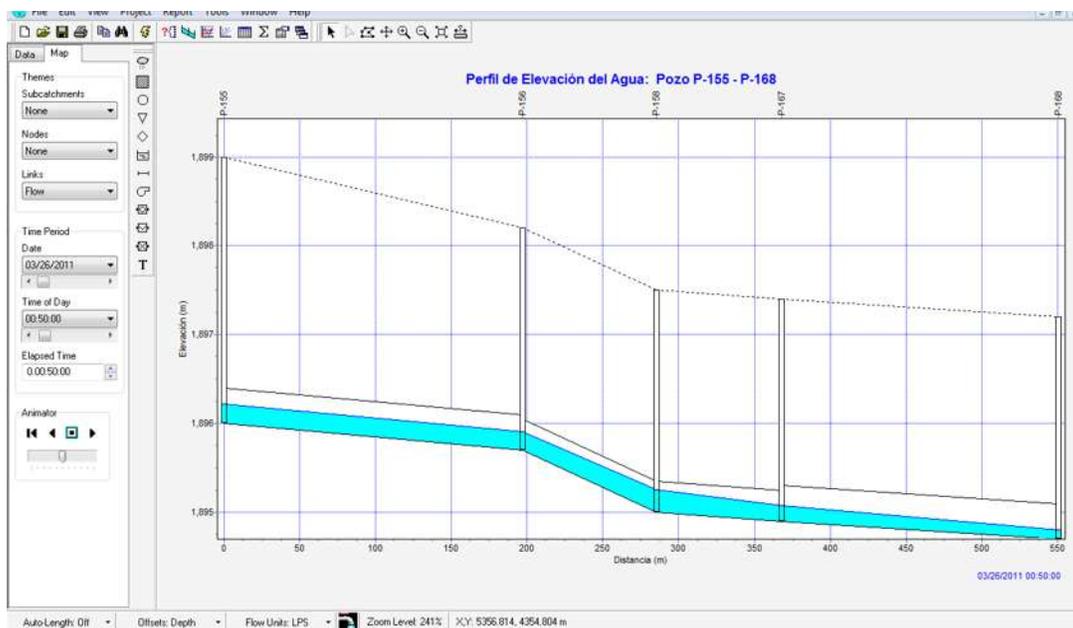


Figura 20. Tiempo 00:50:00

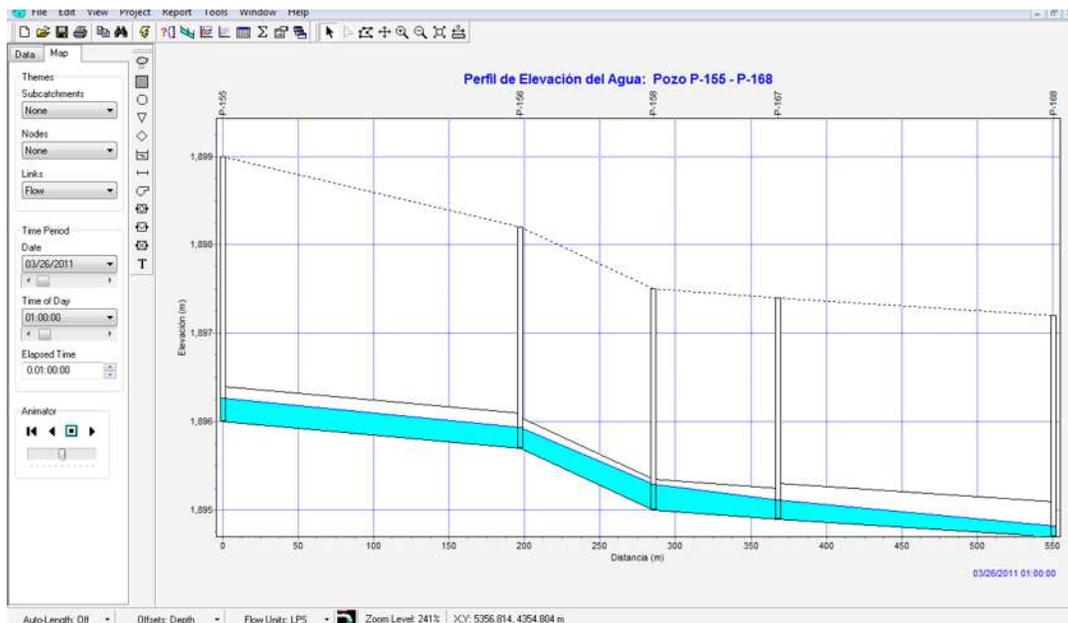


Figura 21. Tiempo 01:00:00

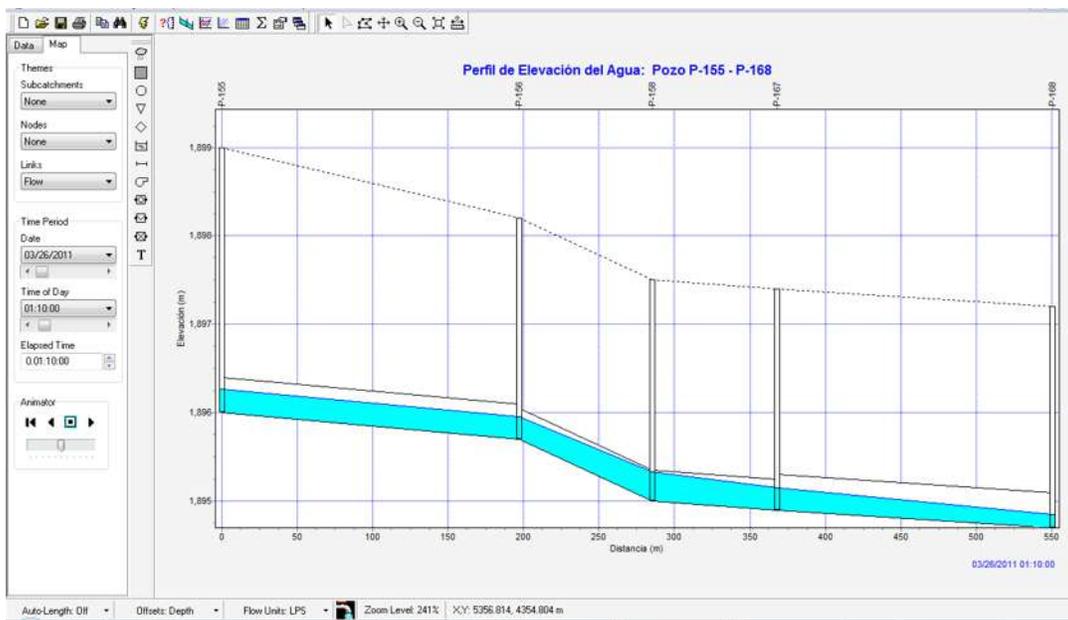


Figura 22. Tiempo 01:10:00

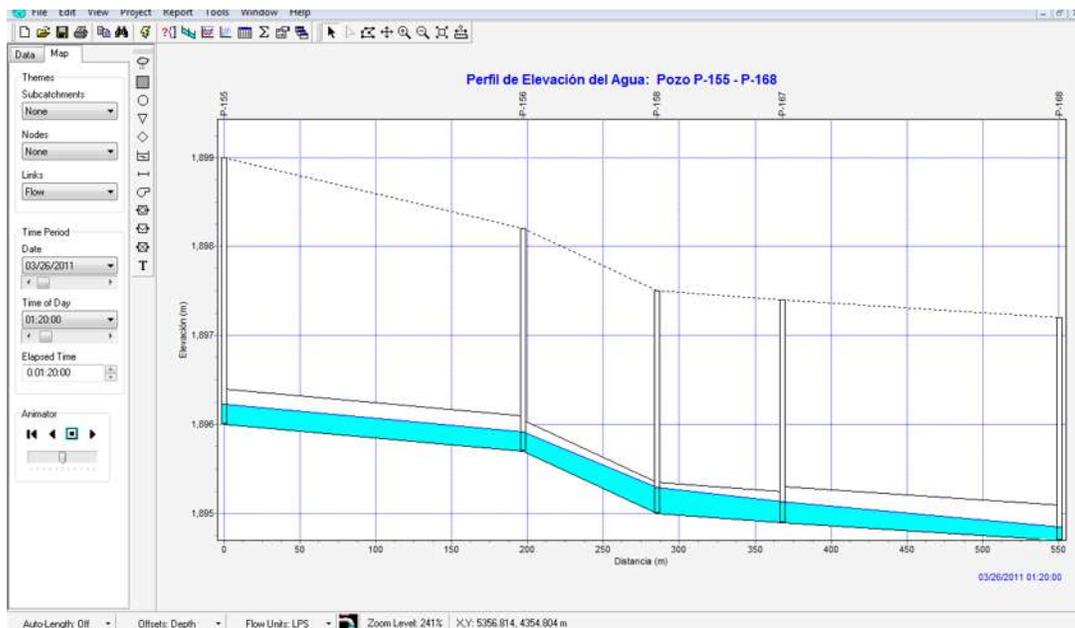


Figura 23. Tiempo 01:20:00

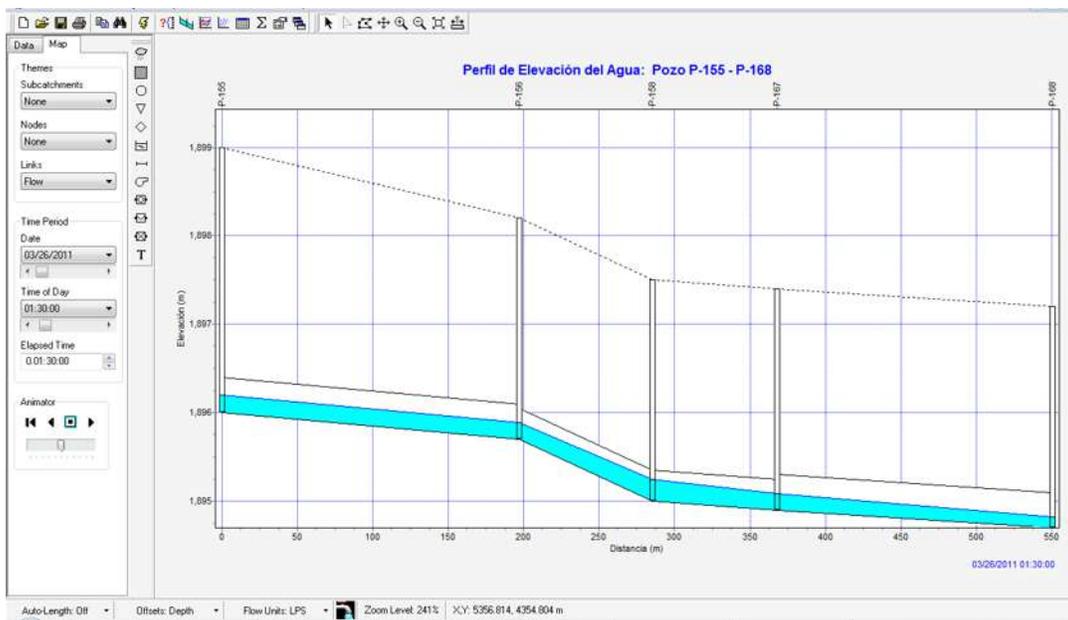


Figura 24. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-145, P-140 y P-141, unidos por los tramos T-139 y T-162. Al igual que en los anteriores tramos se presenta que los tiempos críticos en donde aumenta el caudal son en 00:00:50 a 00:01:10. Se observa que el tramo de la red trabaja a flujo libre. El tramo 139 funcionó con un diámetro de 0.40 m y para el tramo T-162 con un diámetro de 0.50 m.

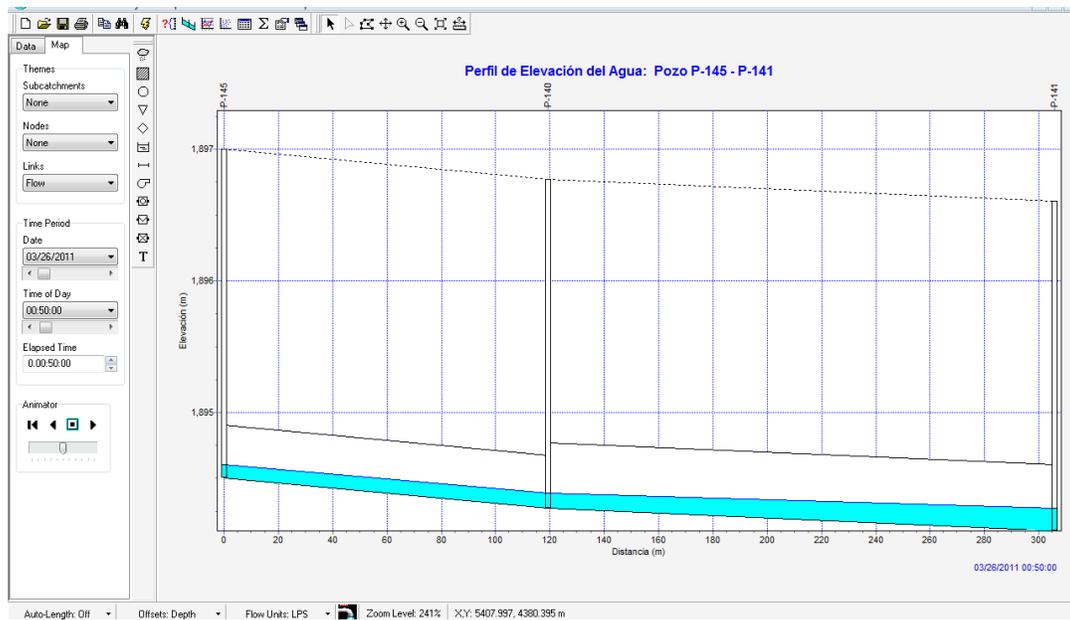


Figura 25. Tiempo 00:50:00

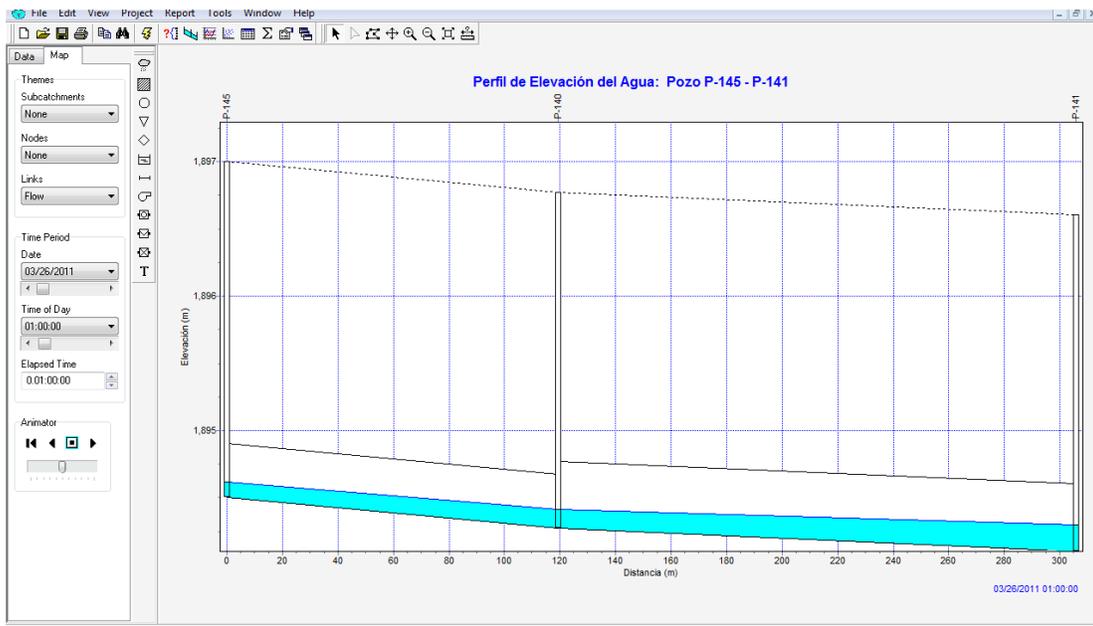


Figura 26. Tiempo 01:00:00

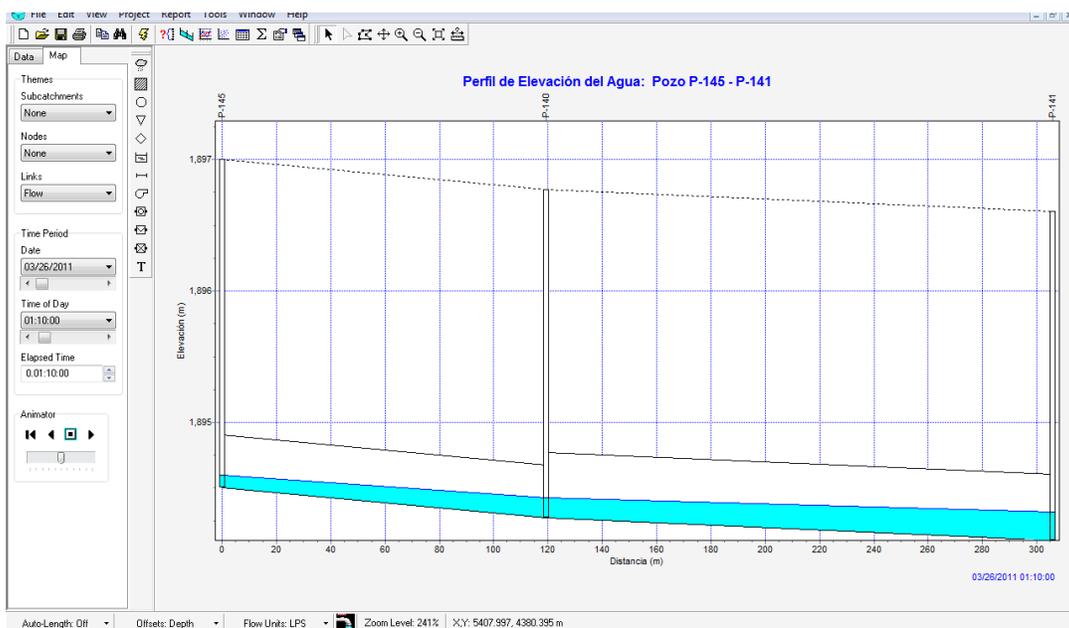


Figura 27. Tiempo 01:10:00

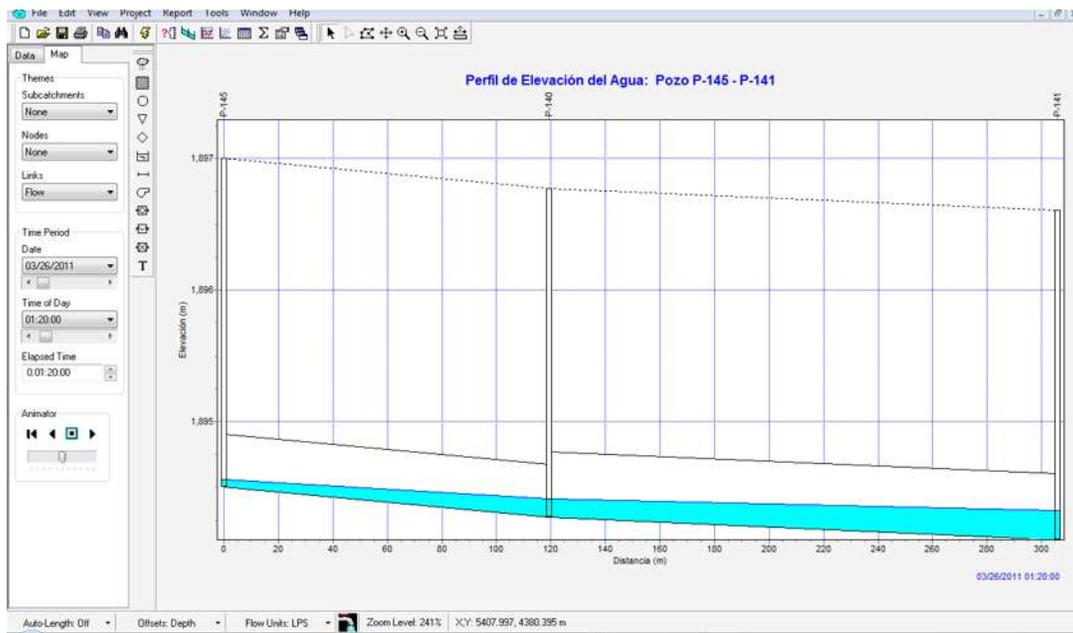


Figura 28. Tiempo 01:20:00

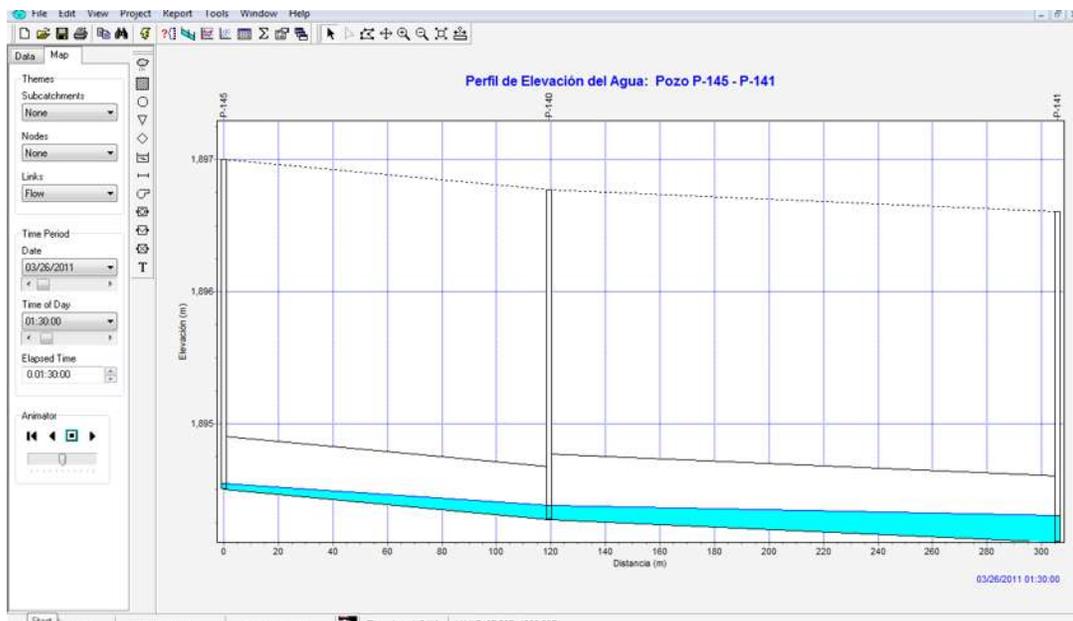


Figura 29. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-127, P-129 P-131 y P-133, unidos por los tramos T-119, T-122 y T-125. Al terminar la simulación se obtiene un buen funcionamiento del tramo, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo 119 funcionó con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-122 con un diámetro de 0.35m y el tramo T-125 funcionó con un diámetro de 0.45 m. Y el tramo de la red trabaja a flujo libre.

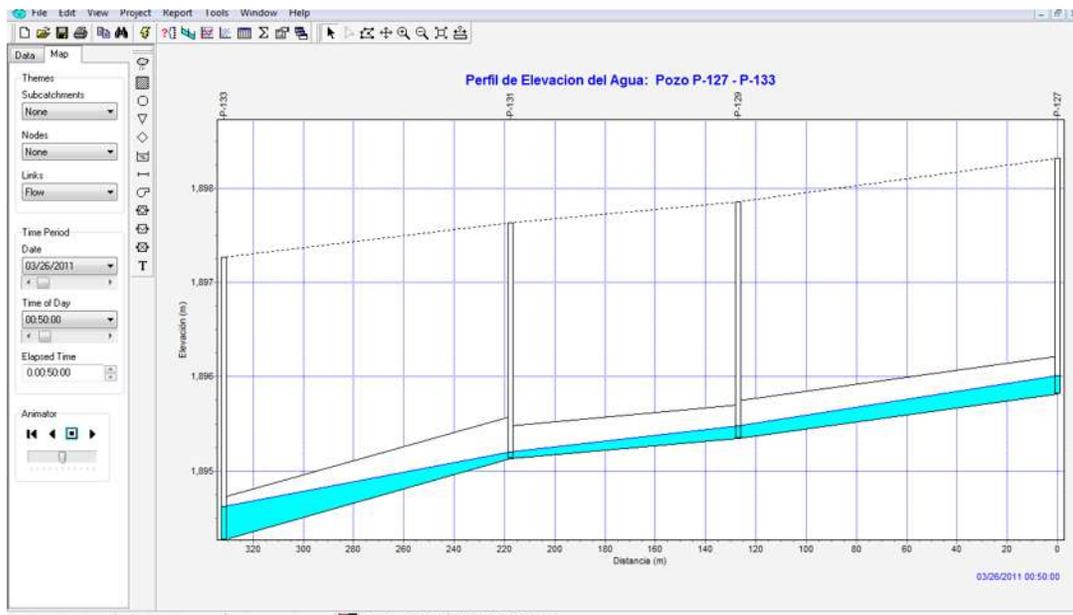


Figura 30. Tiempo 00:50:00

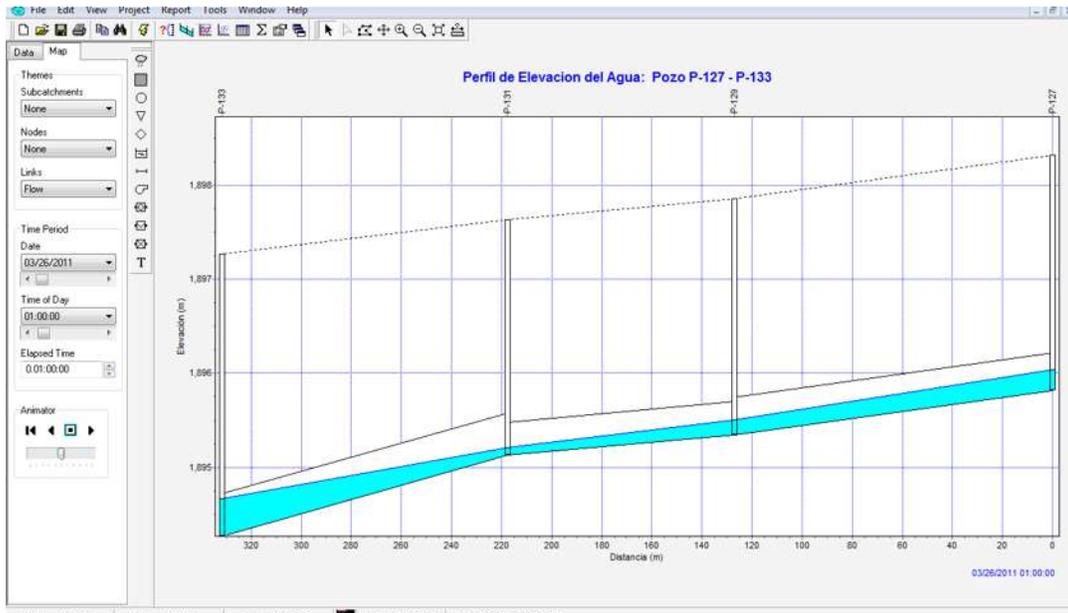


Figura 31. Tiempo 01:00:00

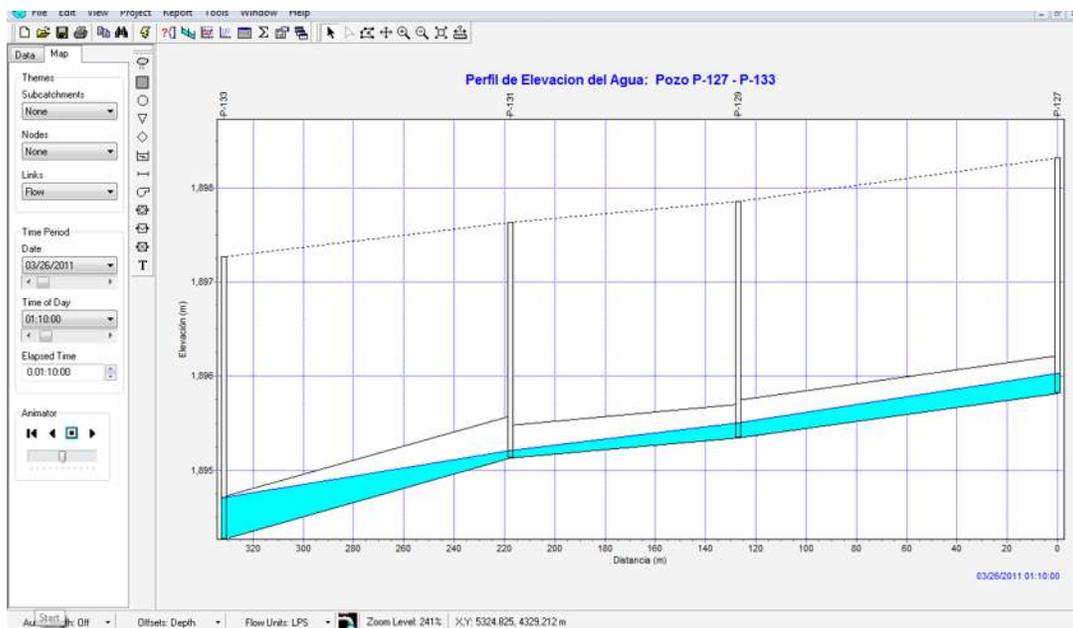


Figura 32. Tiempo 01:10:00

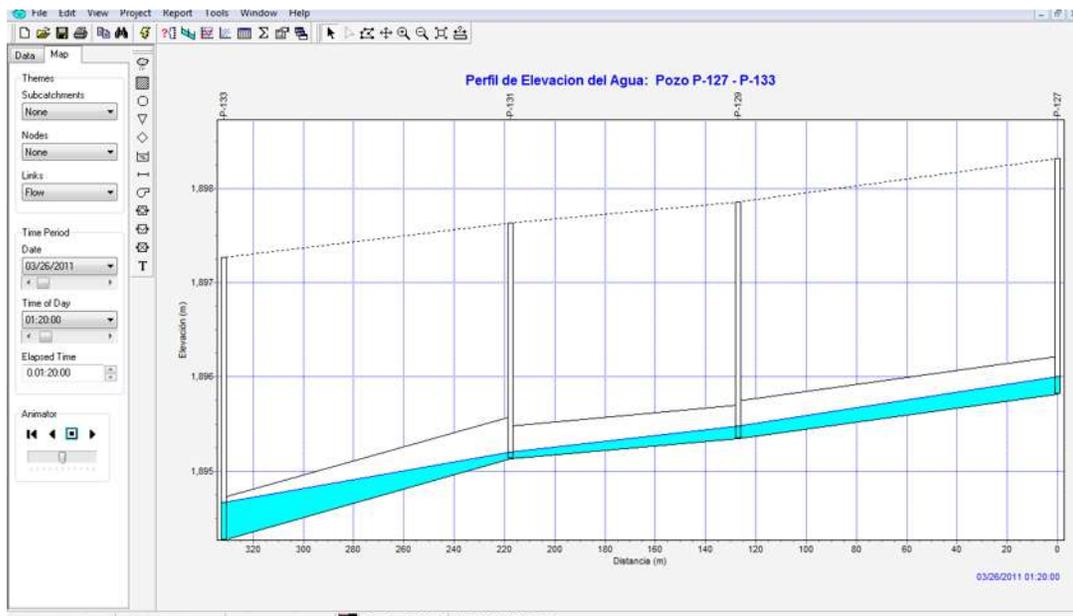


Figura 33. Tiempo 01:20:00

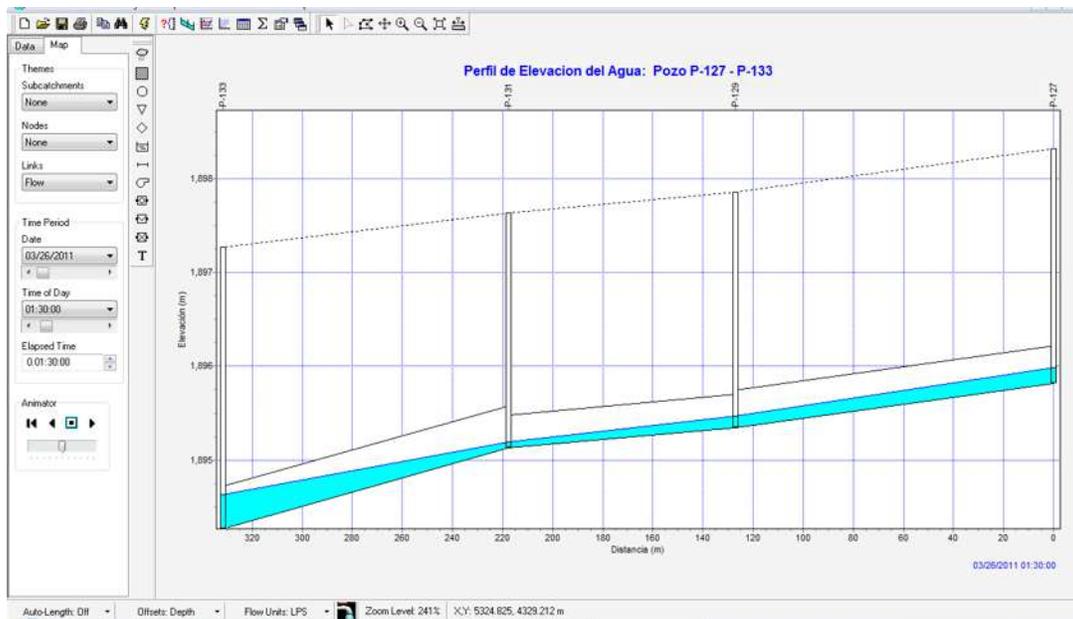


Figura 34. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-122, P-121, P-120 y P-136, unidos por los tramos T-130, T-132 y T-164. A continuación se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-130 funcionó con un diámetro de 0.80 m, el tramo T-132 con un diámetro de 0.9 m y para el tramo T-164 con un diámetro de 1.00 m. El tramo de la red trabaja a flujo libre.

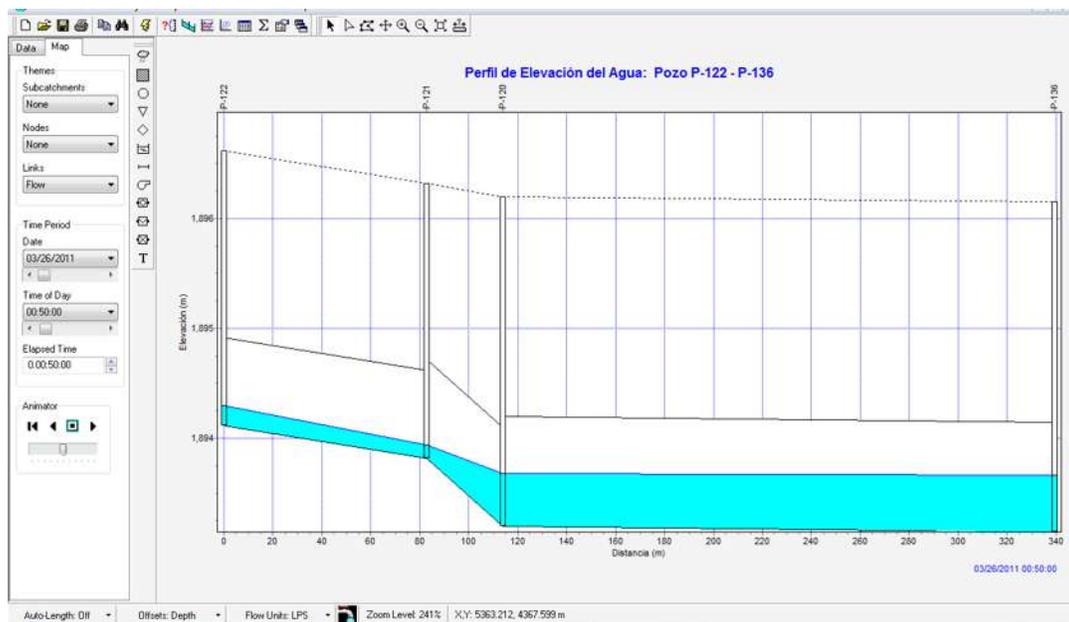


Figura 35. Tiempo 00:50:00

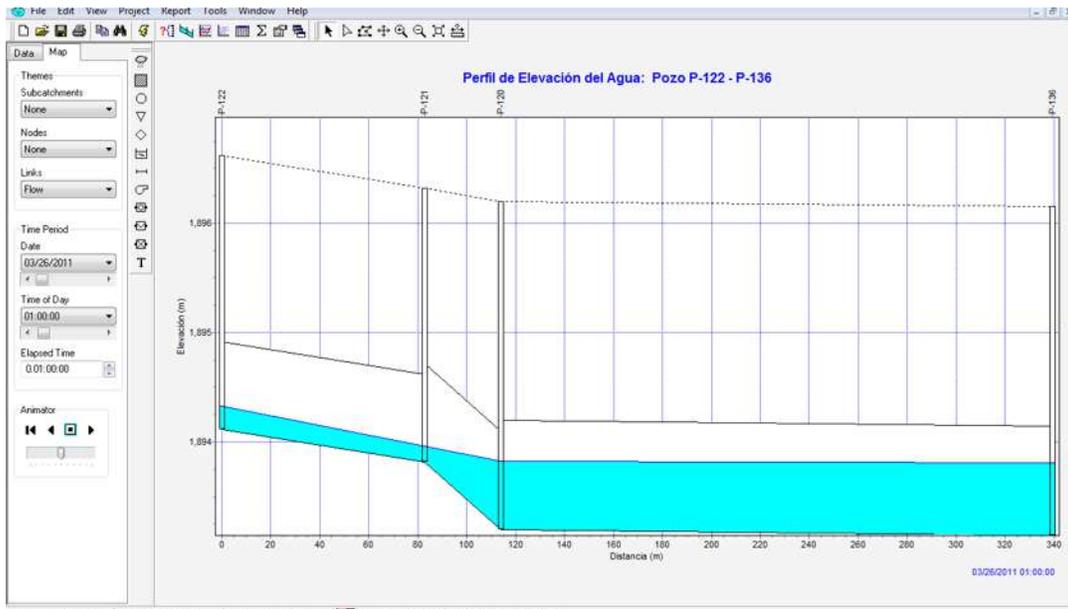


Figura 36. Tiempo 01:00:00

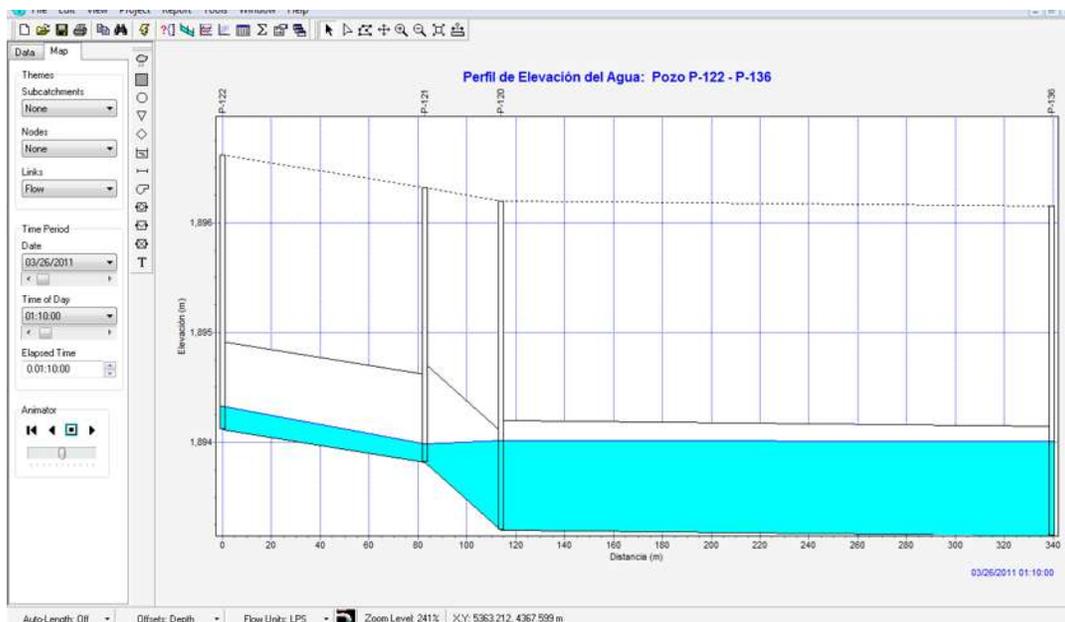


Figura 37. Tiempo 01:10:00

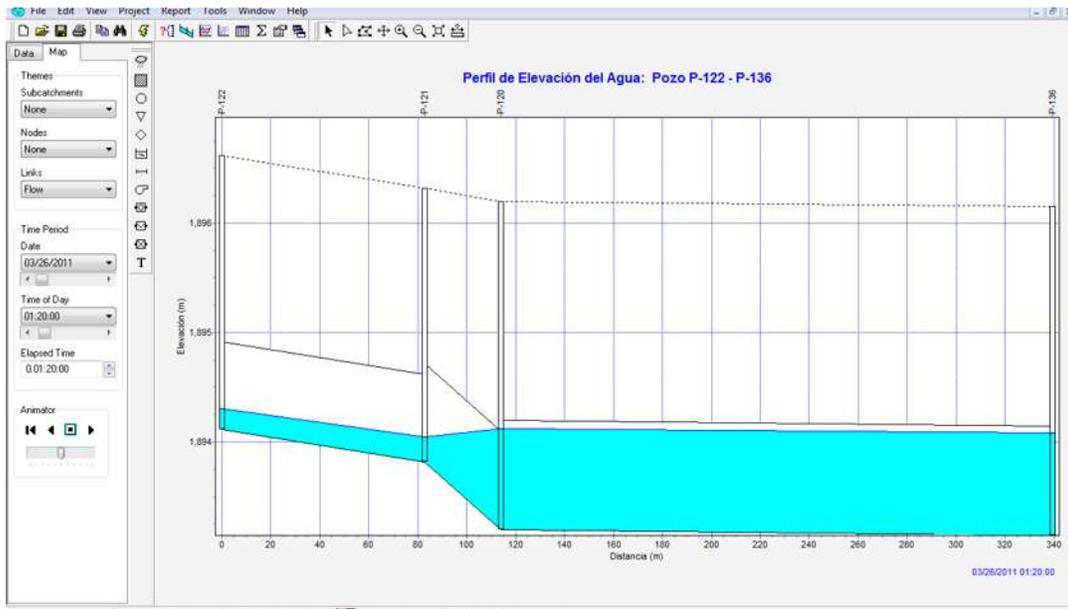


Figura 38. Tiempo 01:20:00

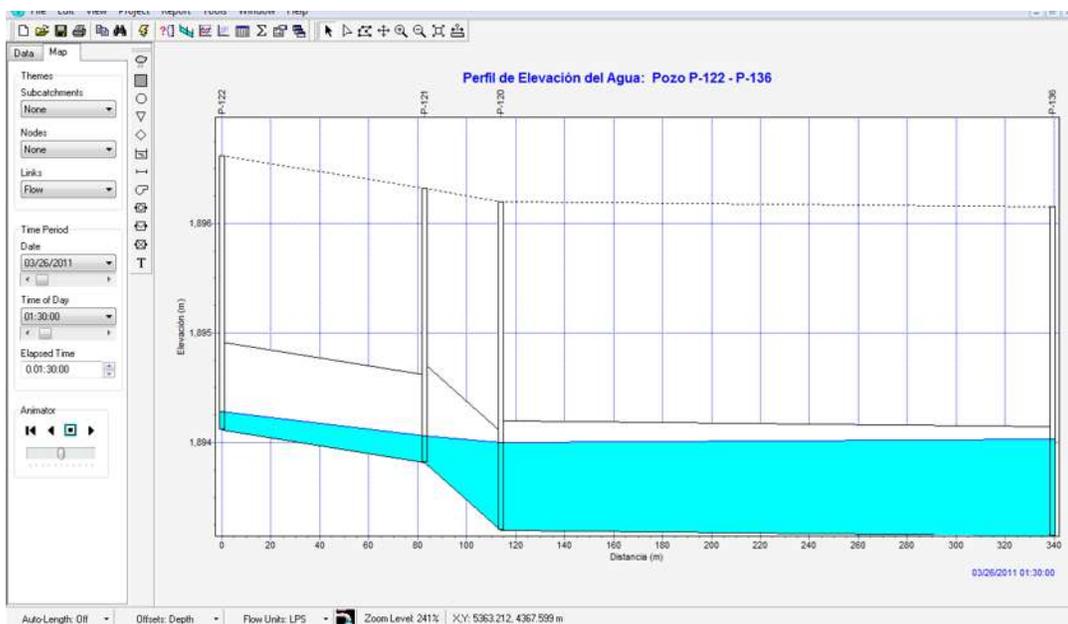


Figura 39. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-60, P-61, P-62, P-63, P-65, P-66, P-67 y P-170, unidos por los tramos T-59, T-60, T-61, T-63, T-65, T-73 y T-168. Se observa que el tramo de la red trabaja a flujo libre. Se muestra las simulaciones para los tiempos 00:00:50 a 00:01:10, los cuales son los tiempos donde alcanza el máximo nivel de agua. El tramo T-59 funcionó con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-60 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-61 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-63 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-65 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-73 con un diámetro de 0.40 m y para el tramo T-168 con un diámetro de 0.50 m.

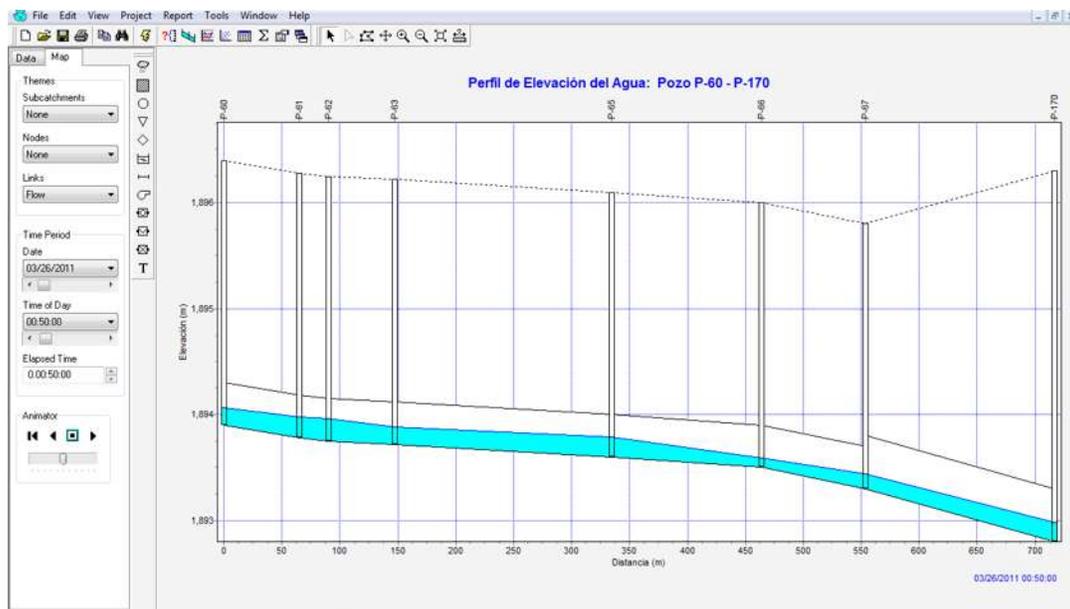


Figura 40. Tiempo 00:50:00

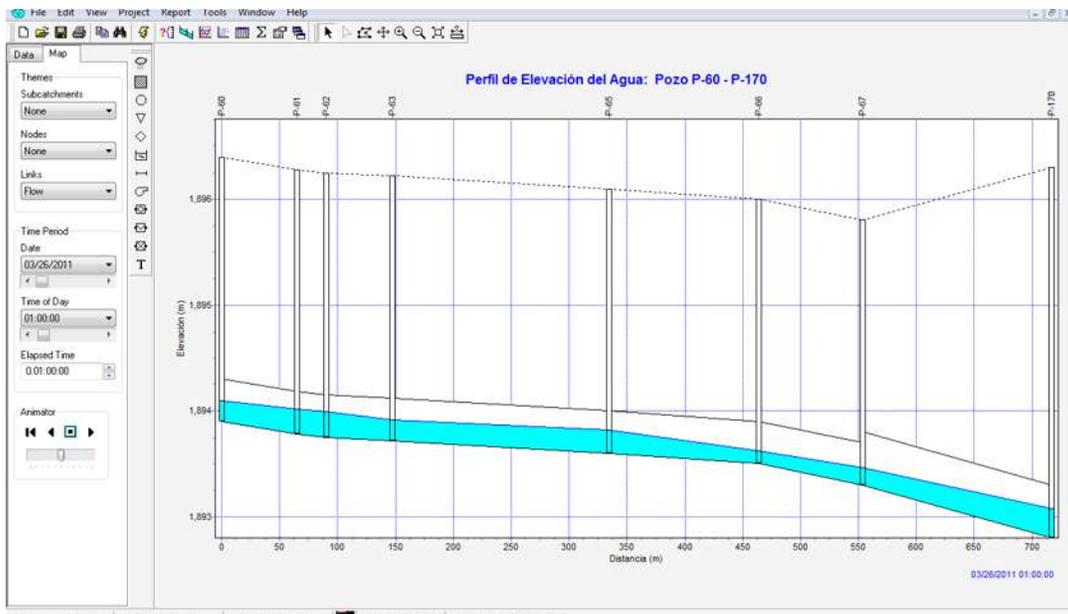


Figura 41. Tiempo 01:00:00

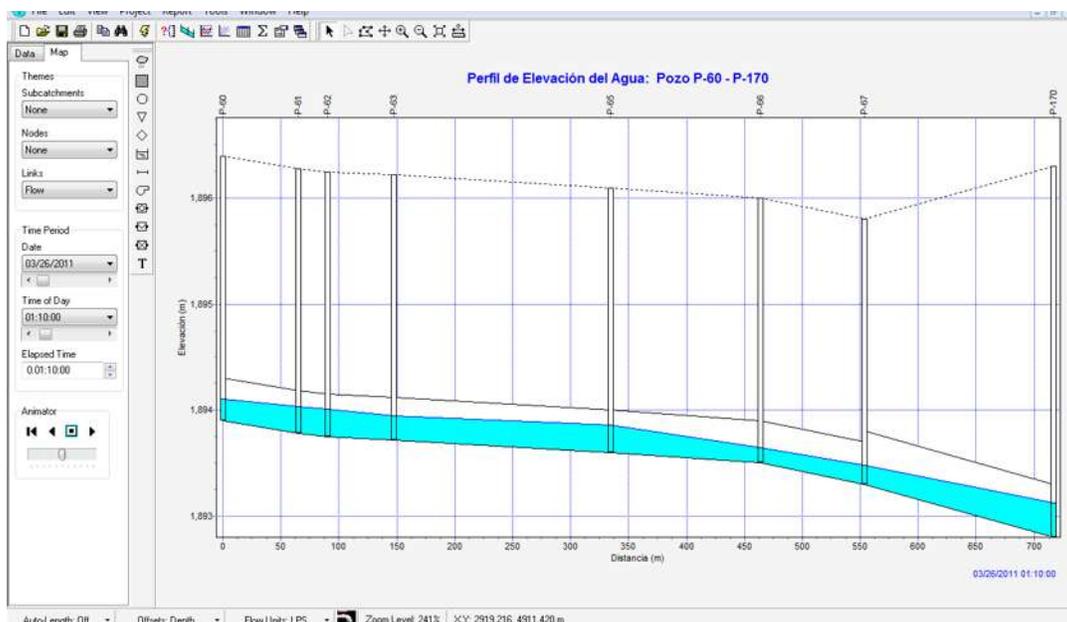


Figura 42. Tiempo 01:10:00

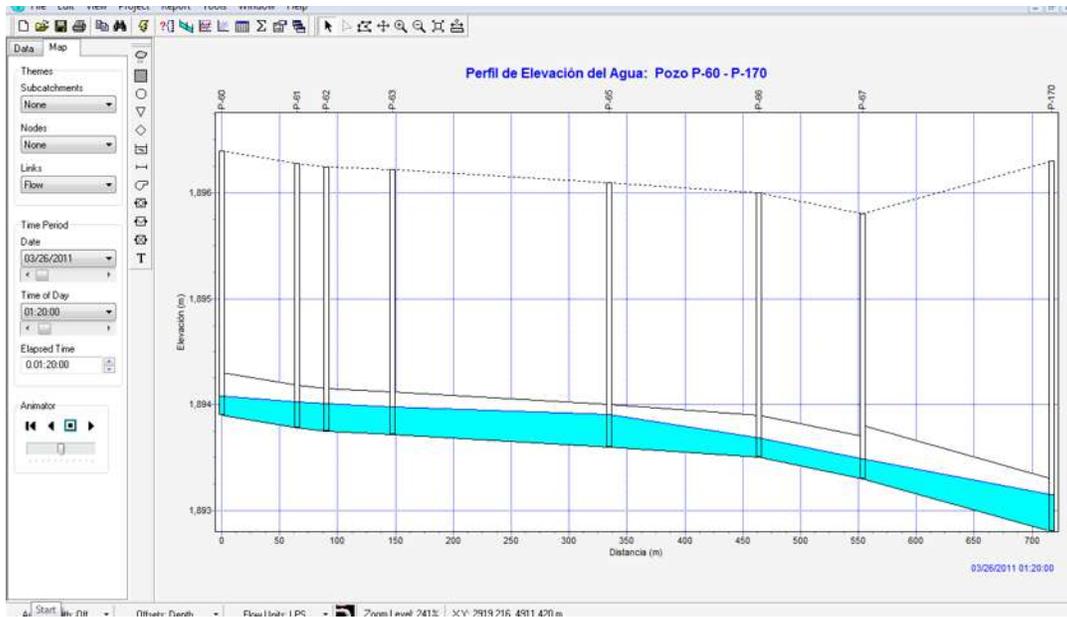


Figura 43. Tiempo 01:20:00

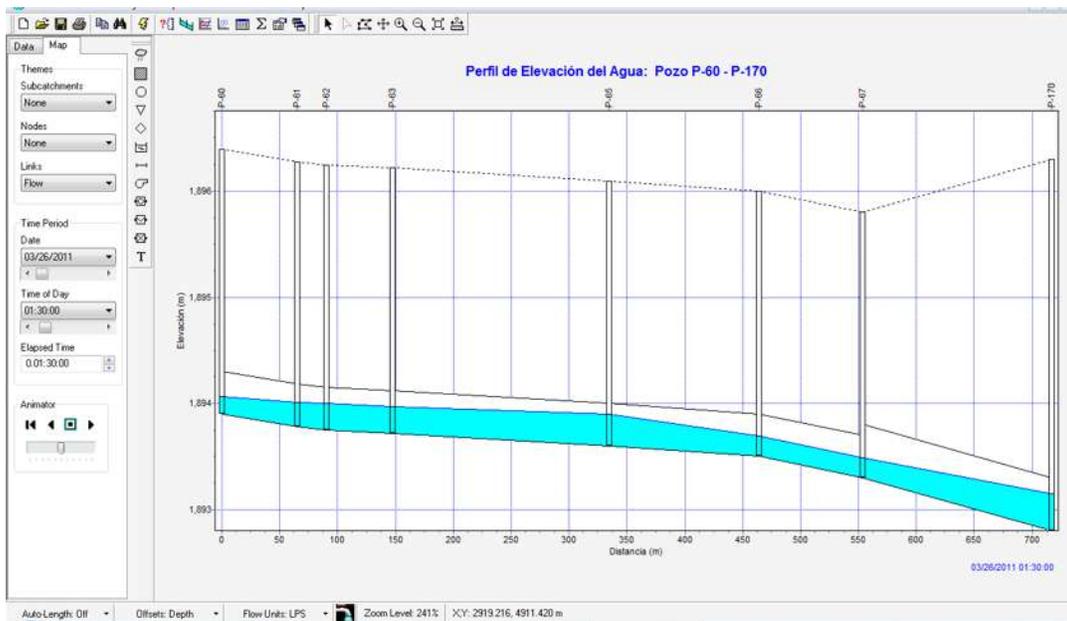


Figura 44. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-1, P-4, P-7, P-45, P-46, P-49, P-51, P-52, P-53, P-39, P-56, P-57 y P-171, unidos por los tramos T-44, 8, 9, T-46, T-48, T-50, T-51, T-52, T-54, T-55, T-57 y T-170. A continuación se ilustran los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento el incremento de elevaciones del agua en los tiempos 00:00:50 a 00:01:10. El tramo T-44 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo 8 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-9 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-46 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-48 con un diámetro de 0.30 m, el tramo T-50 con un diámetro de 0.30 m, el tramo T-51 con un diámetro de 0.30 m, el tramo T-52 con un diámetro de 0.30 m, el tramo T-54 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-55 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-57 con un diámetro de 0.80 m y para el tramo T-170 con un diámetro de 0.90 m.

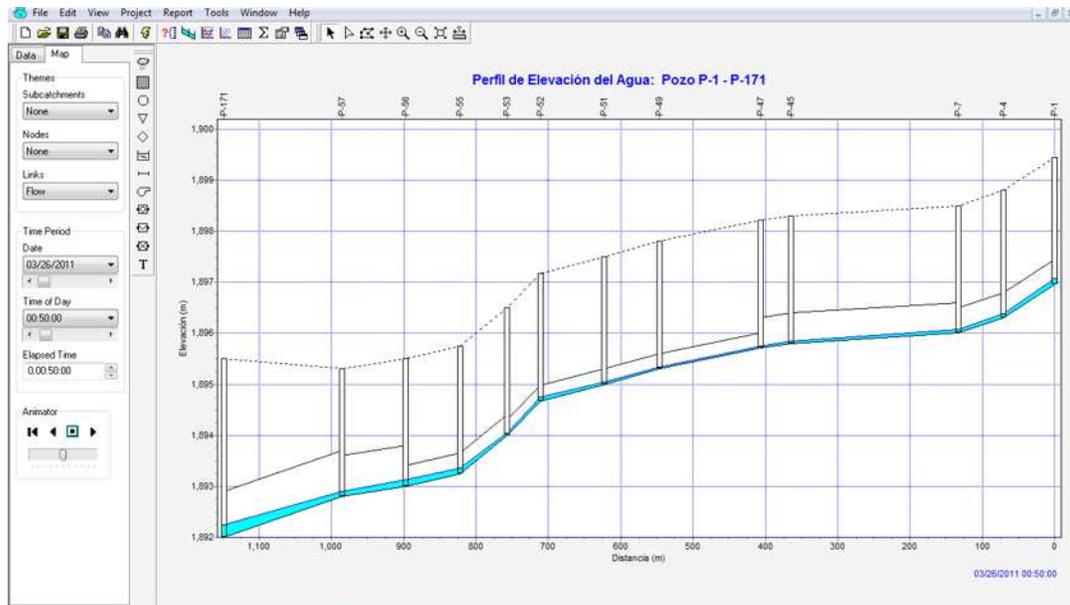


Figura 45. Tiempo 00:50:00



Figura 46. Tiempo 01:00:00

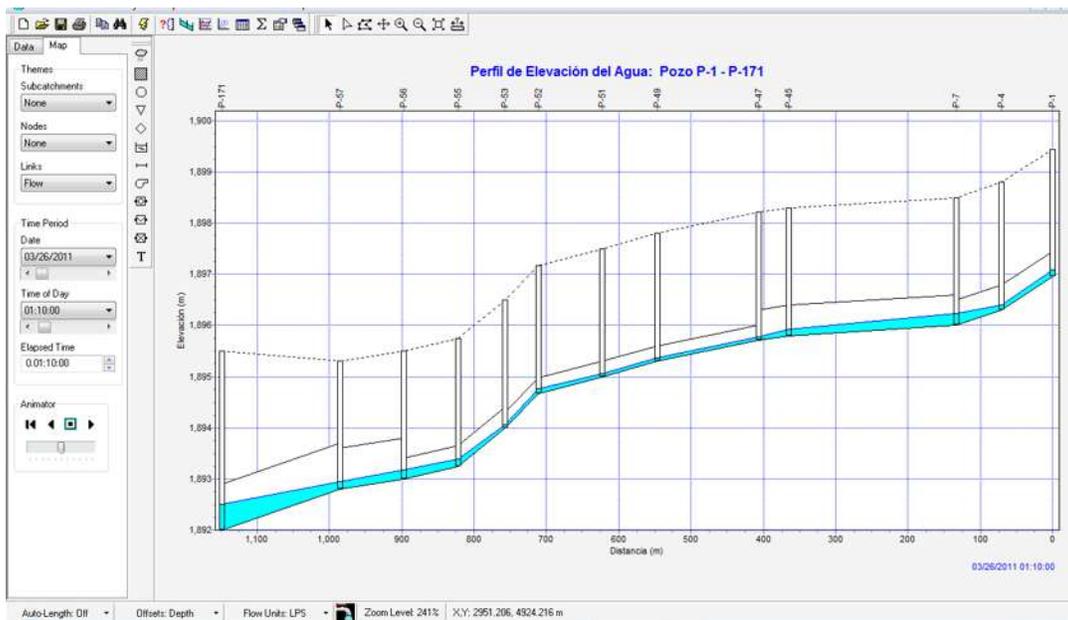


Figura 47. Tiempo 01:10:00

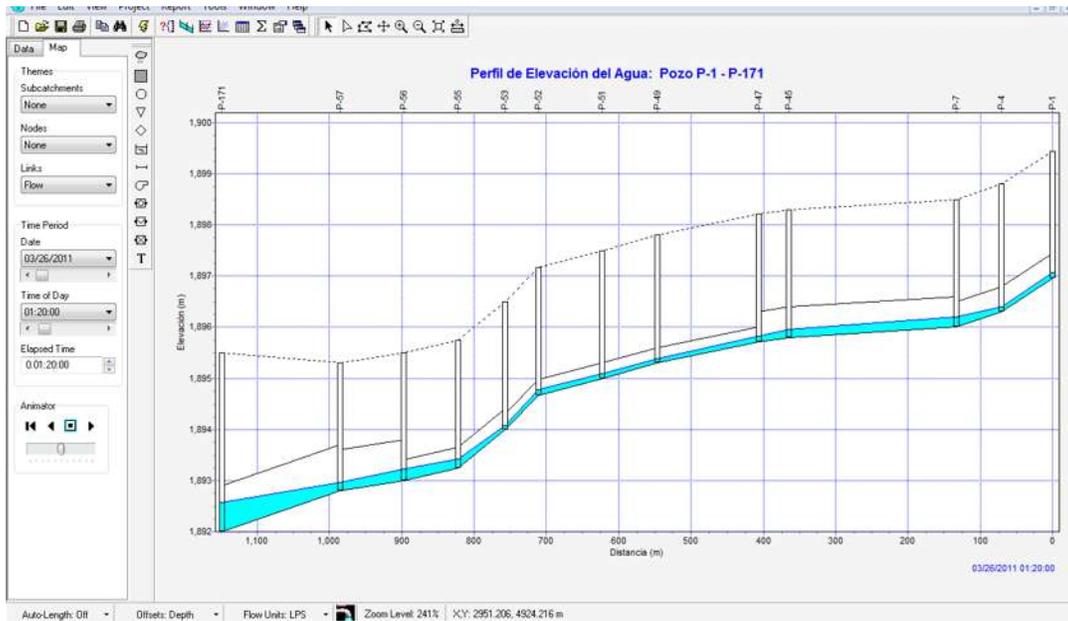


Figura 48. Tiempo 01:20:00



Figura 49. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-13, P-14, P-29, P-30, P-35, P-36, P-38, P-40, P-42 y P-172, unidos por los tramos T-13, T-27, T-28, T-35, T-36, T-38, T-40, T-42, y T-172. A continuación se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-13 funcionó con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-27 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-28 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-35 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-36 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-38 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-40 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-42 con un diámetro de 0.70 m y para el tramo T-172 con un diámetro de 0.80 m.



Figura 50. Tiempo 00:50:00

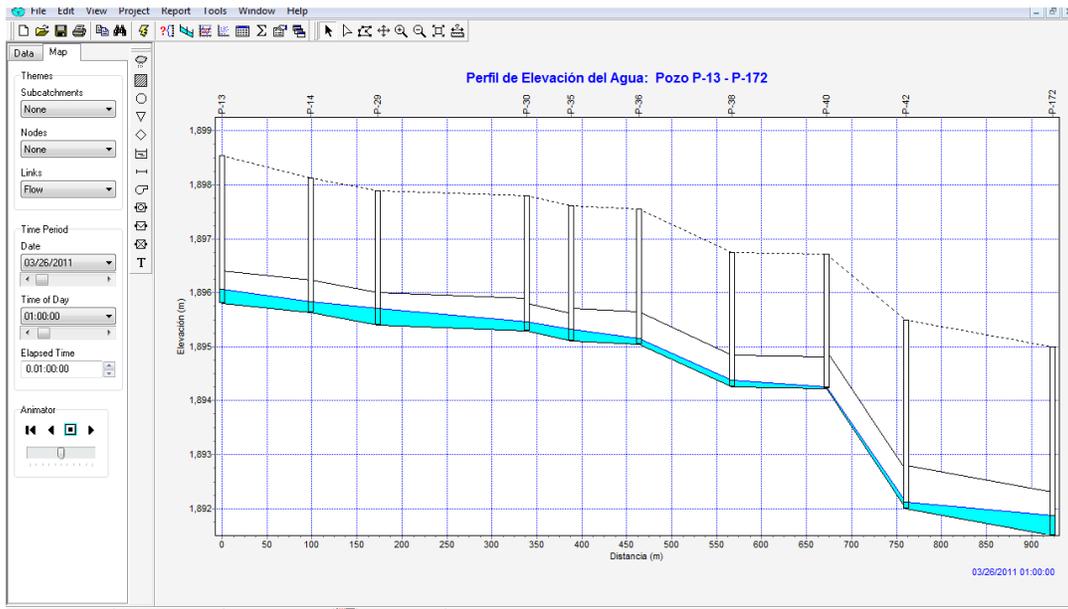


Figura 51. Tiempo 01:00:00

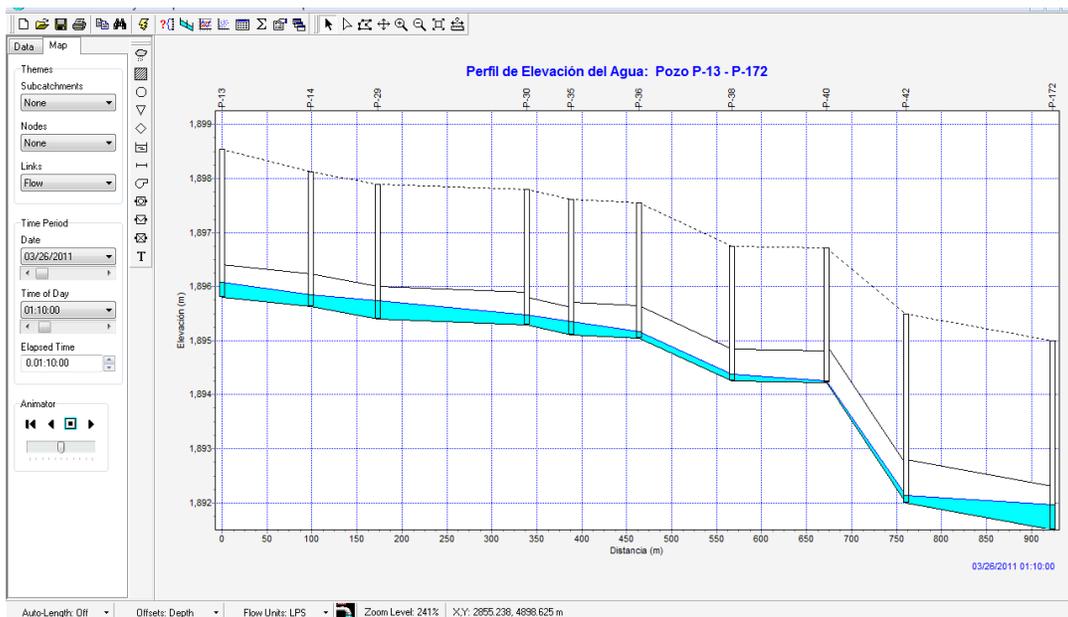


Figura 52. Tiempo 01:10:00



Figura 53. Tiempo 01:20:00

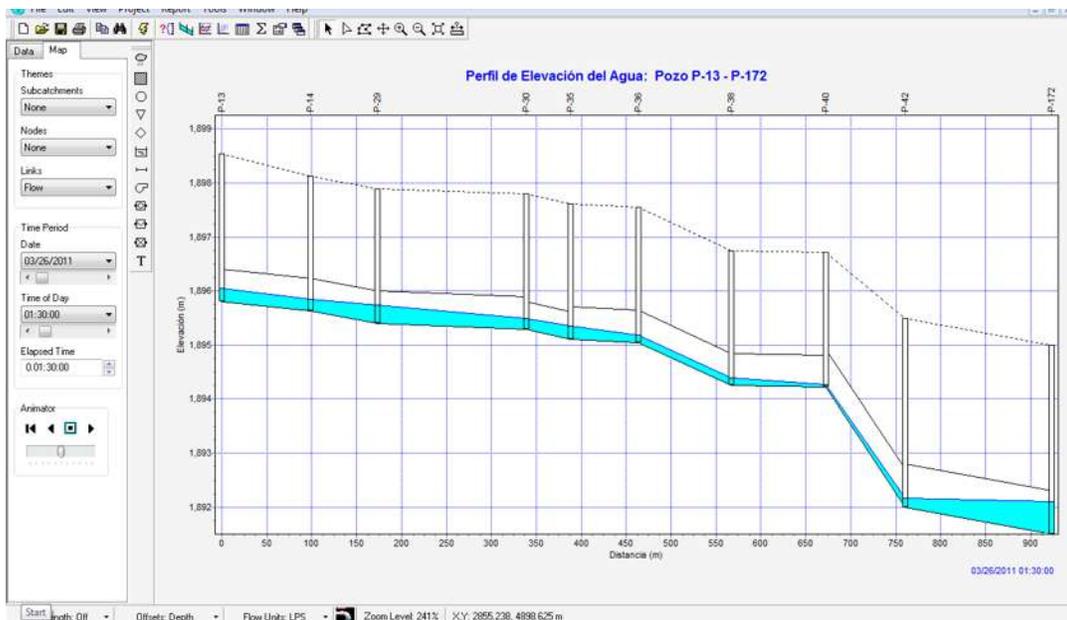


Figura 54. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-1, P-6, P-2, P-3, P-11, P-12, P-22, P-23, P-24, P-26 y P-173, unidos por los tramos T-1, 7, T-2, T-11, T-12, T-20, T-21, T-22, T-23, T-25, y T-174. Los tramos de la red trabajan a flujo libre. Se muestra las simulación de los 00:00:50 a 00:01:10 que son tiempos donde el nivel del agua. El tramo T-1 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo 7 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-2 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-11 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-12 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-20 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-21 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-22 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-23 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-25 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-25 con un diámetro de 0.90 m y para el tramo T-174 con un diámetro de 0.90m.

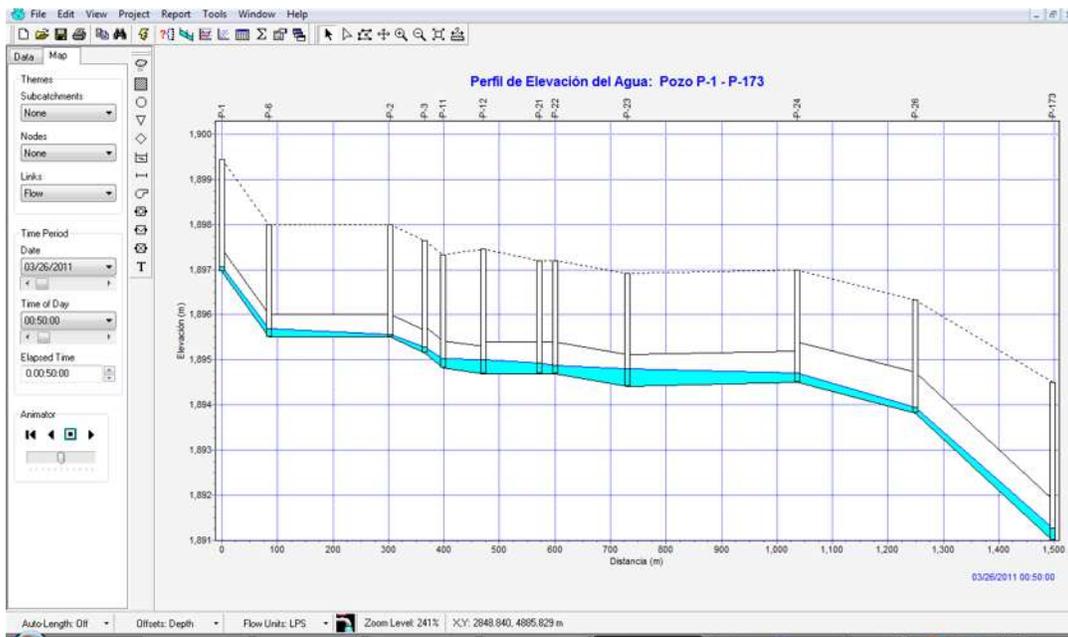


Figura 55. Tiempo 00:50:00

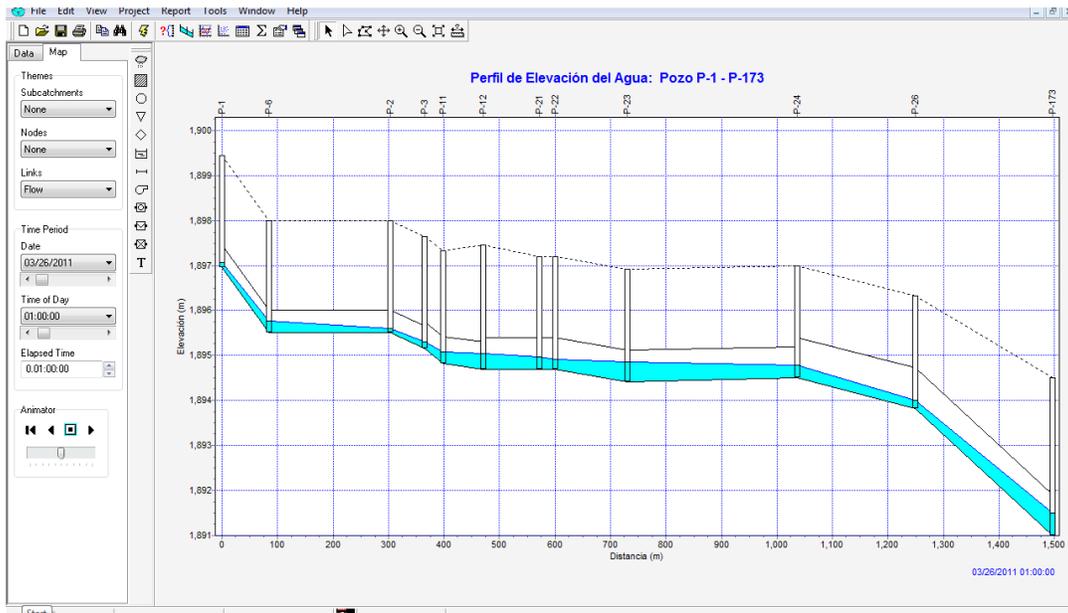


Figura 56. Tiempo 01:00:00

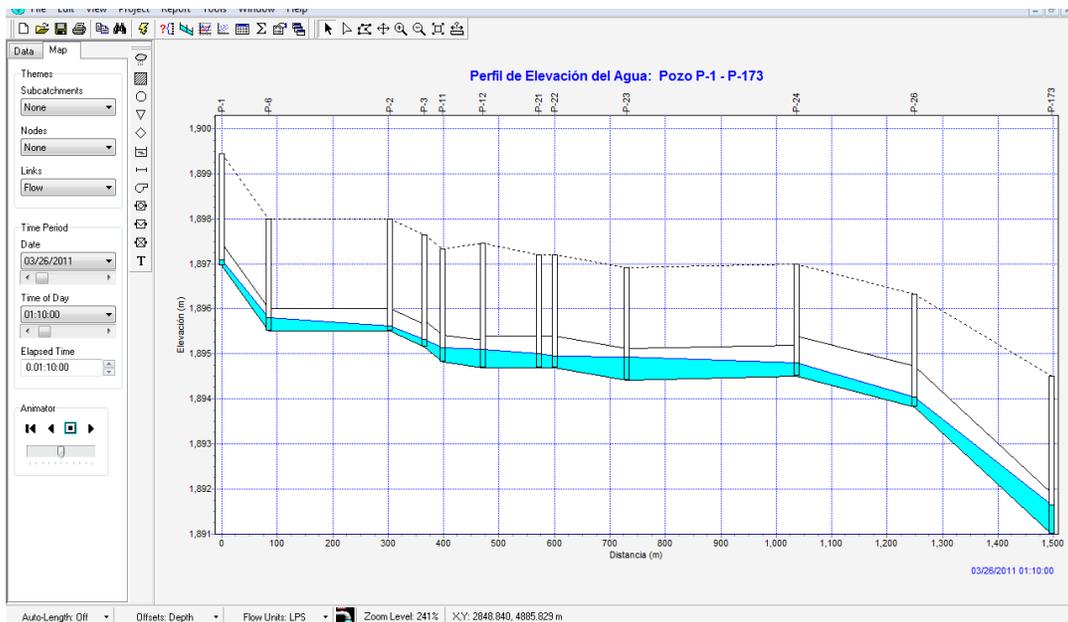


Figura 57. Tiempo 01:10:00



Figura 58. Tiempo 01:20:00

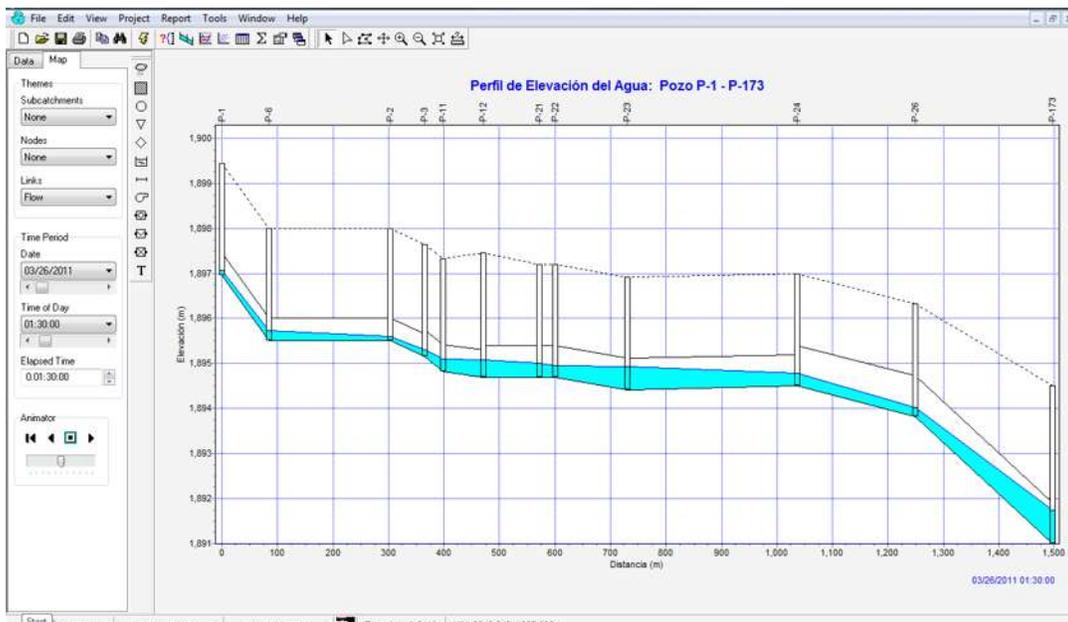


Figura 59. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-168, P-146, P-141, P-136, P-169, P-170, P-171, P-172, P-173 y 1, unidos por los tramos T-159, T-161, T-163, T-165, T-167, T-169, T-171, T-173 y 1. En las siguientes figuras se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-159 funcionó con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-161 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-163 con un diámetro de 0.80 m, el tramo T-165 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-167 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-169 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-171 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-173 con un diámetro de 1.00 m y para el tramo 1 con un diámetro de 1.00 m.

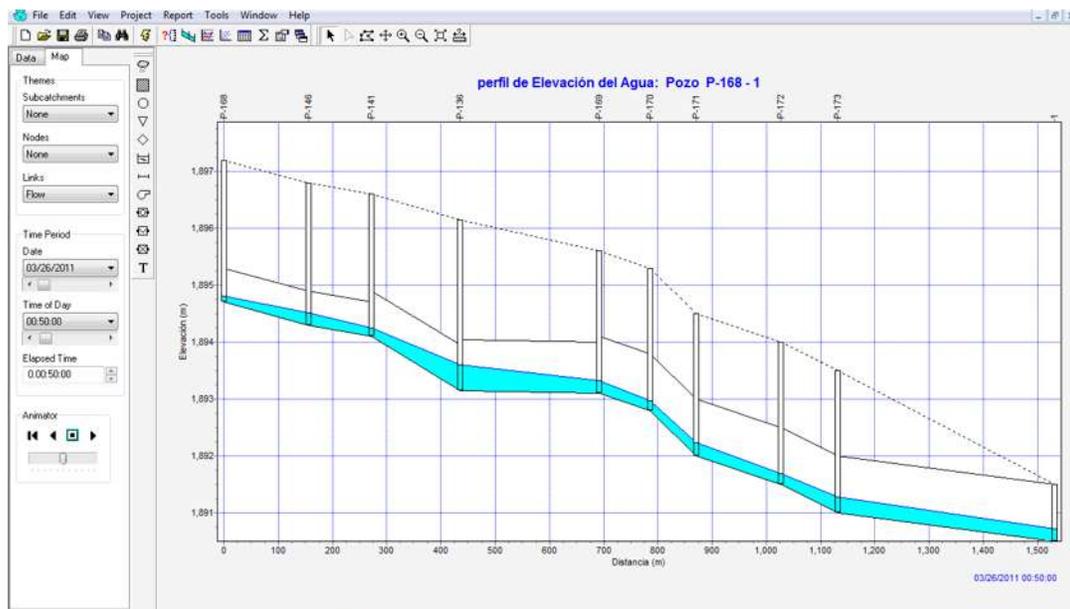


Figura 60. Tiempo 00:50:00

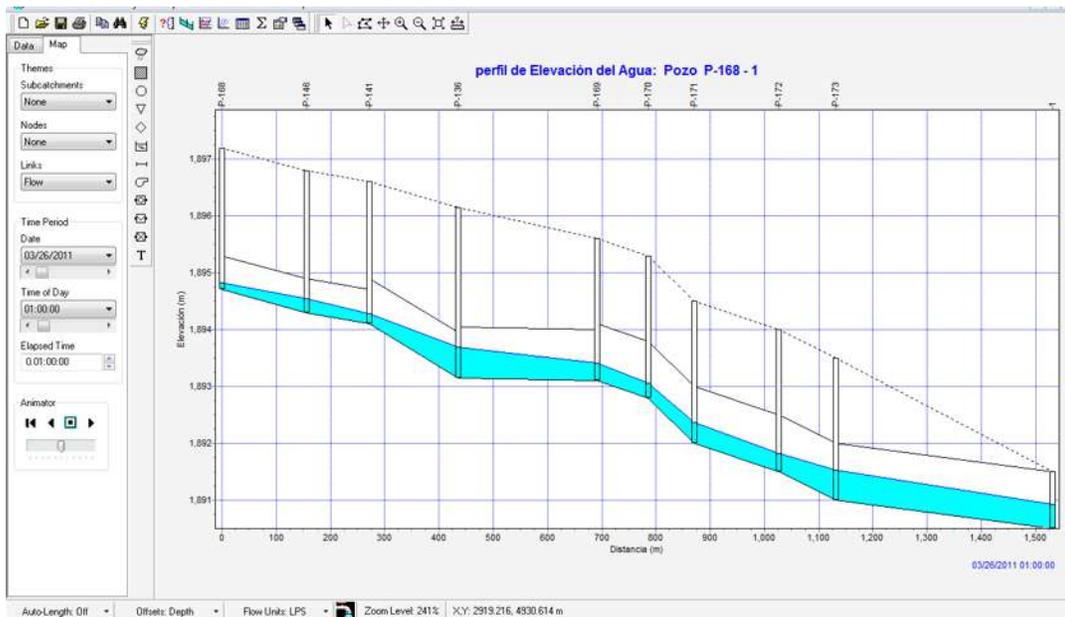


Figura 61. Tiempo 01:00:00

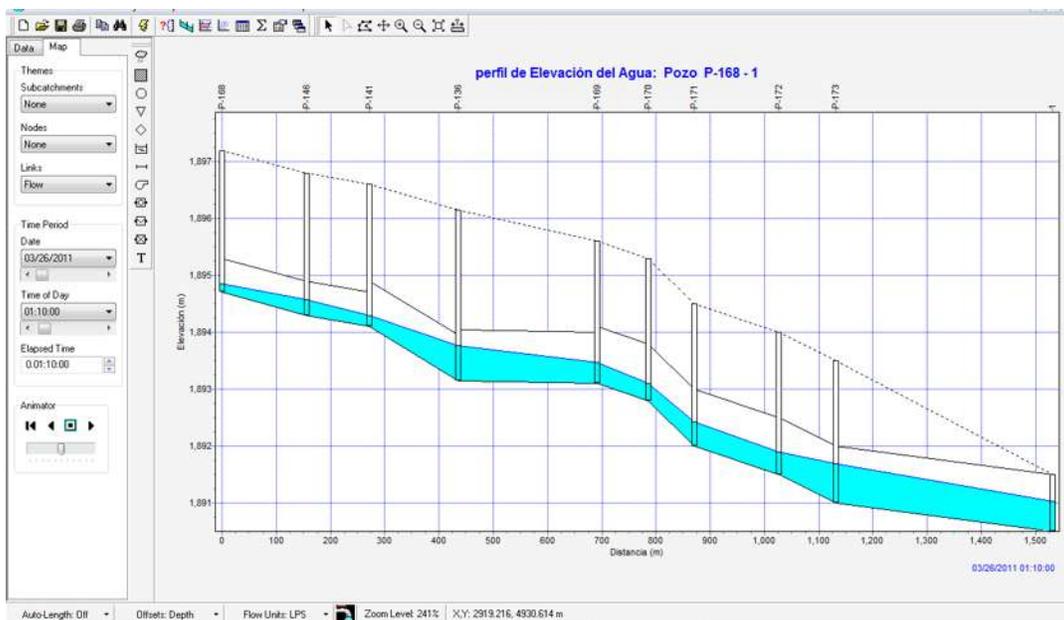


Figura 62. Tiempo 01:10:00

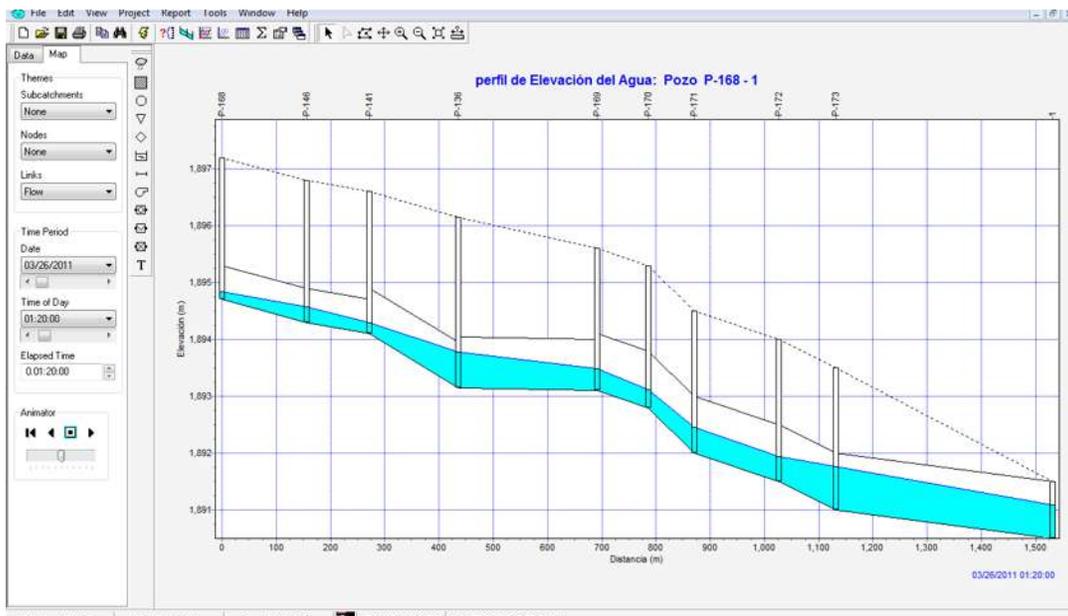


Figura 63. Tiempo 01:20:00

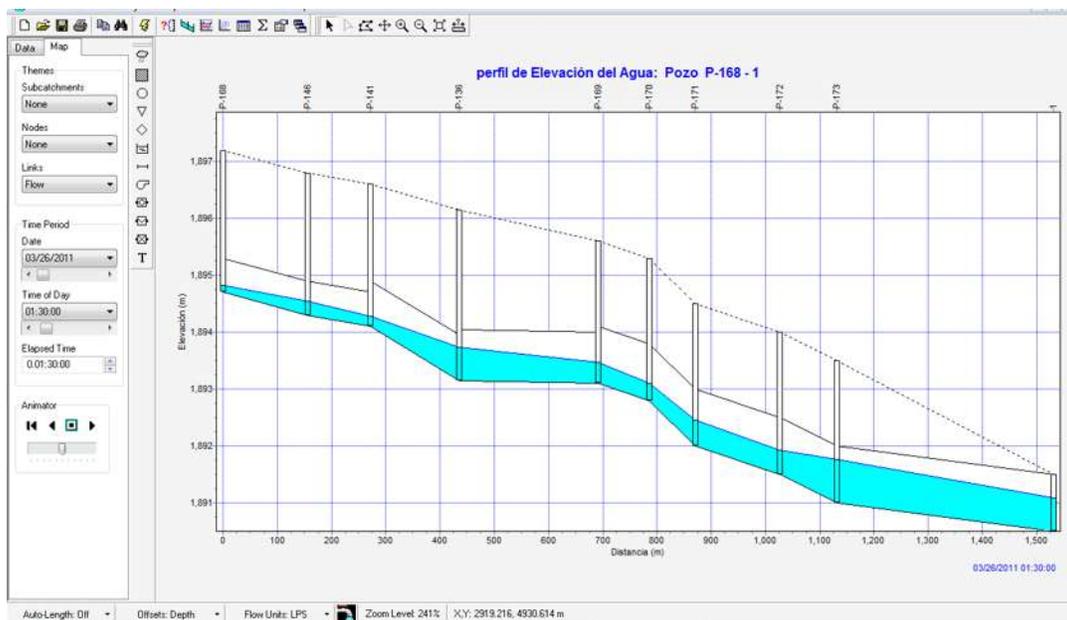


Figura 64. Tiempo 01:30:00

7.7 Simulación del drenaje pluvial y sanitario.

Se seleccionó un tramo del colector con los pozos P-159, P-160 y P-164, que estos a su vez unidos por los tramos 136 y T-154. Comparando con la red de alcantarillado pluvial se puede apreciar que los tiempos críticos de la red están alrededor de 00:00:50 a 00:01:10 igual que la simulación de la red de alcantarillado pluvial. El tramo 136 funcionó con un diámetro de 0.50 m y para el tramo T-154 con un diámetro de 0.50 m. Se puede observar que el tramo de la red trabaja a flujo libre.

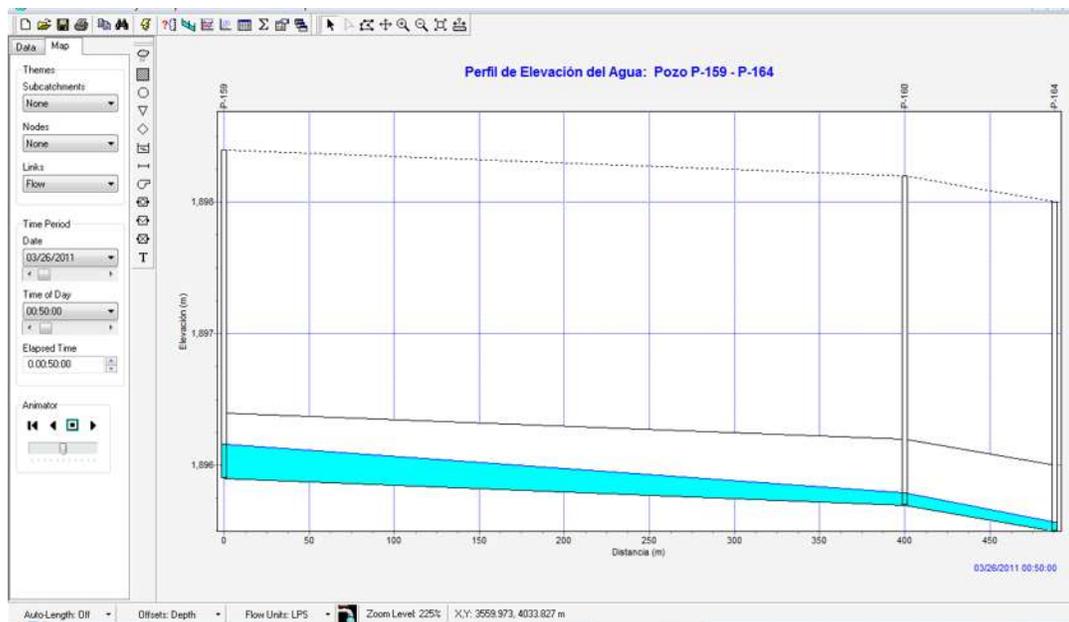


Figura 65. Tiempo 00:50:00

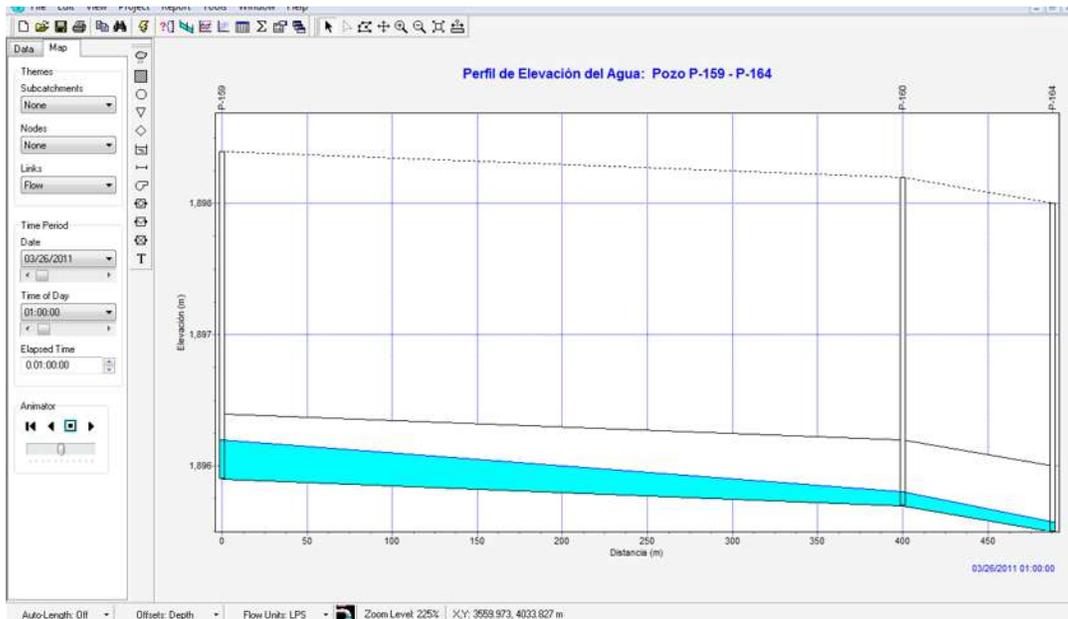


Figura 66. Tiempo 01:00:00

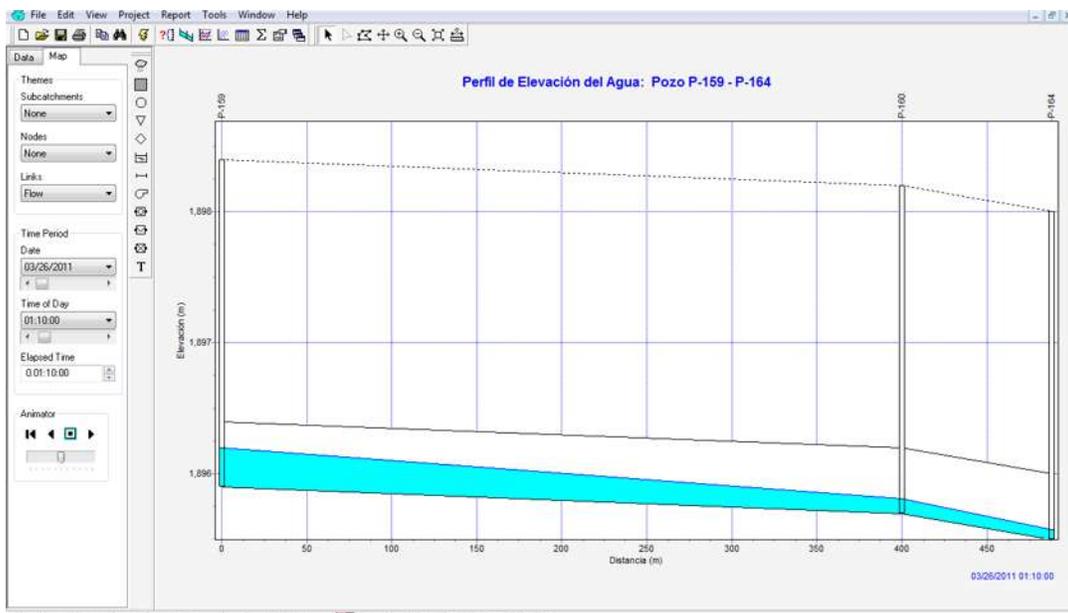


Figura 67. Tiempo 01:10:00

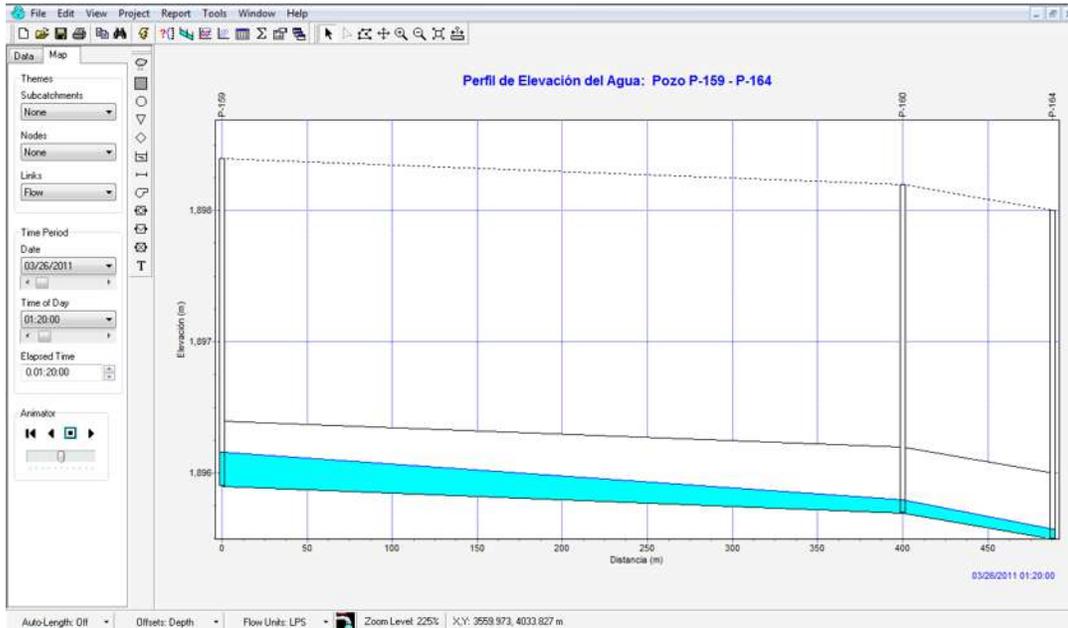


Figura 68. Tiempo 01:20:00

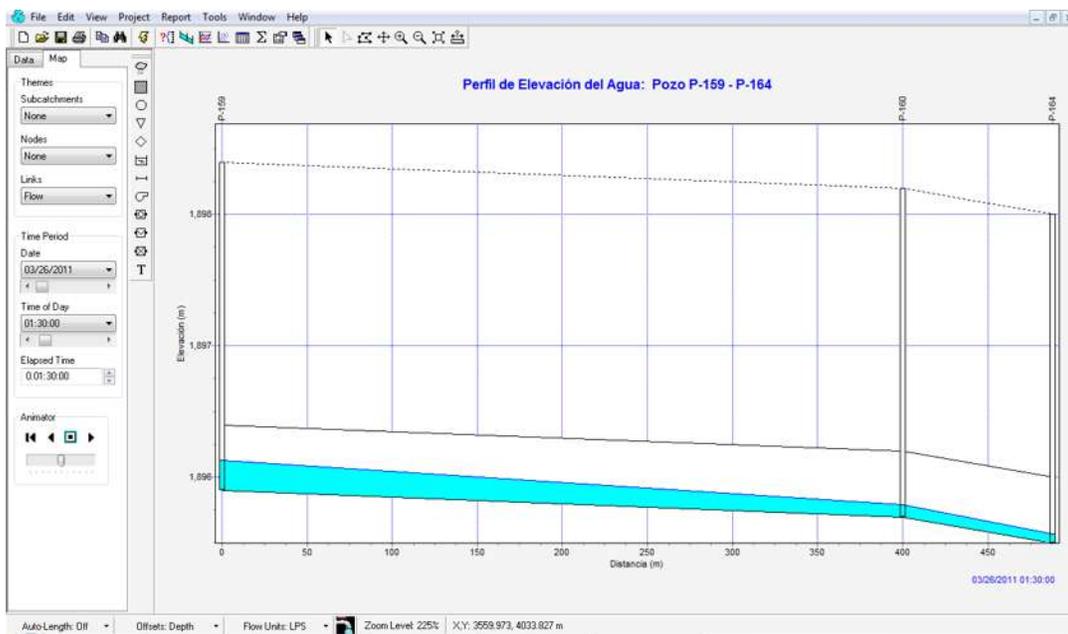


Figura 69. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-155, P-156, P-158, P-167 y P-168, unidos por los tramos T-147, T-149, T-152 y T-158. Se obtuvo un buen funcionamiento de la red, se muestra que los tiempos críticos de la simulación son de 00:00:50 a 00:01:10. El tramo 147 funcionó con un diámetro de 0.50 m, para el tramo T-149 con un diámetro de 0.60 m, el tramo 152 funcionó con un diámetro de 0.60 m y para el tramo T-158 con un diámetro de 0.70 m. Al observar las simulaciones la red trabaja a flujo libre.

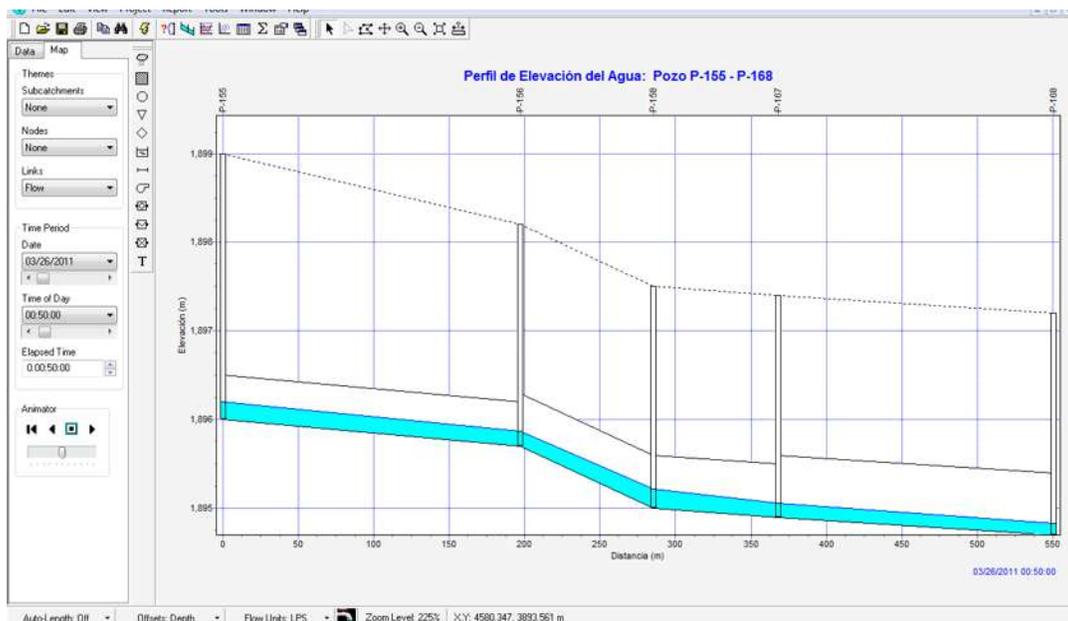


Figura 70. Tiempo 00:50:00

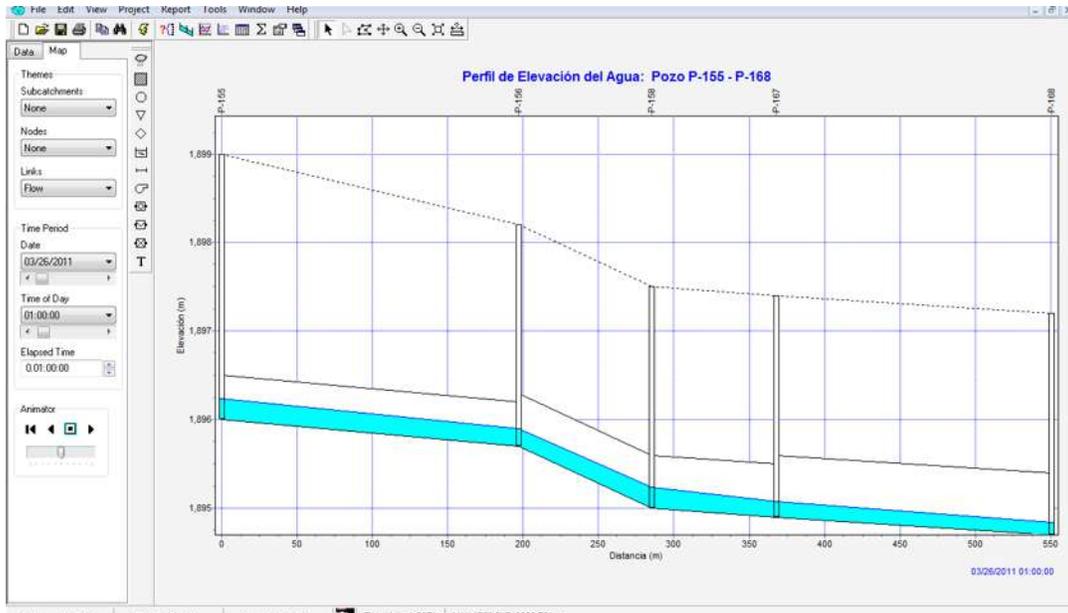


Figura 71. Tiempo 01:00:00

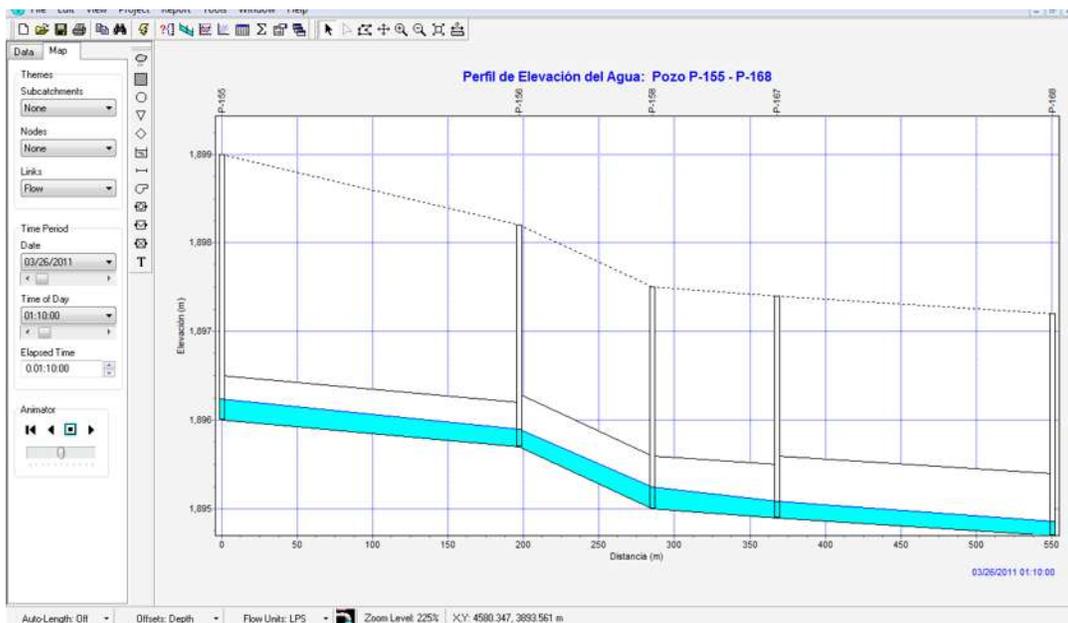


Figura 72. Tiempo 01:10:00

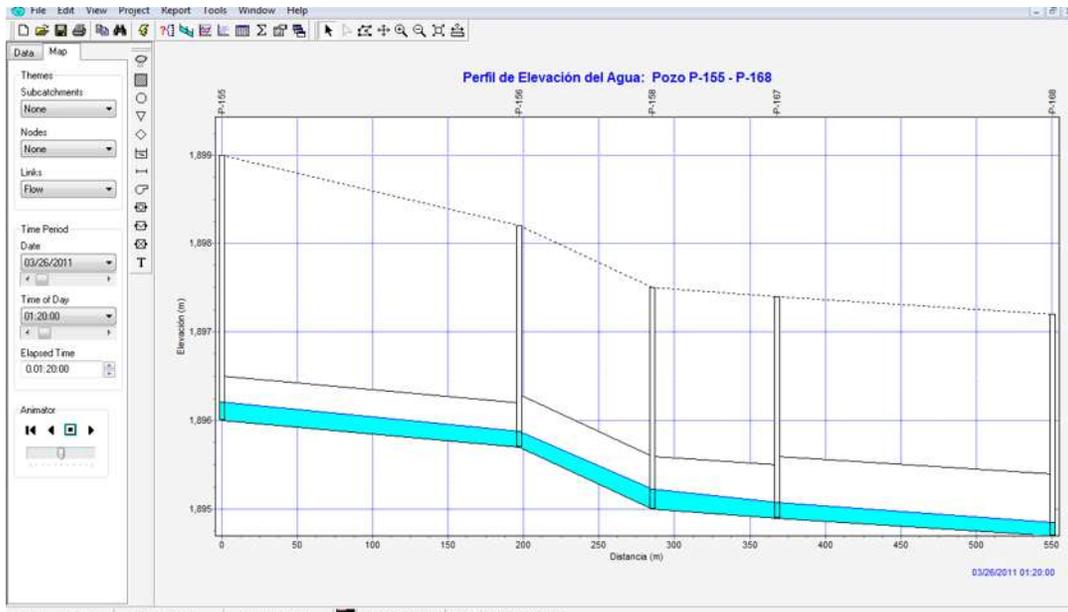


Figura 73. Tiempo 01:20:00

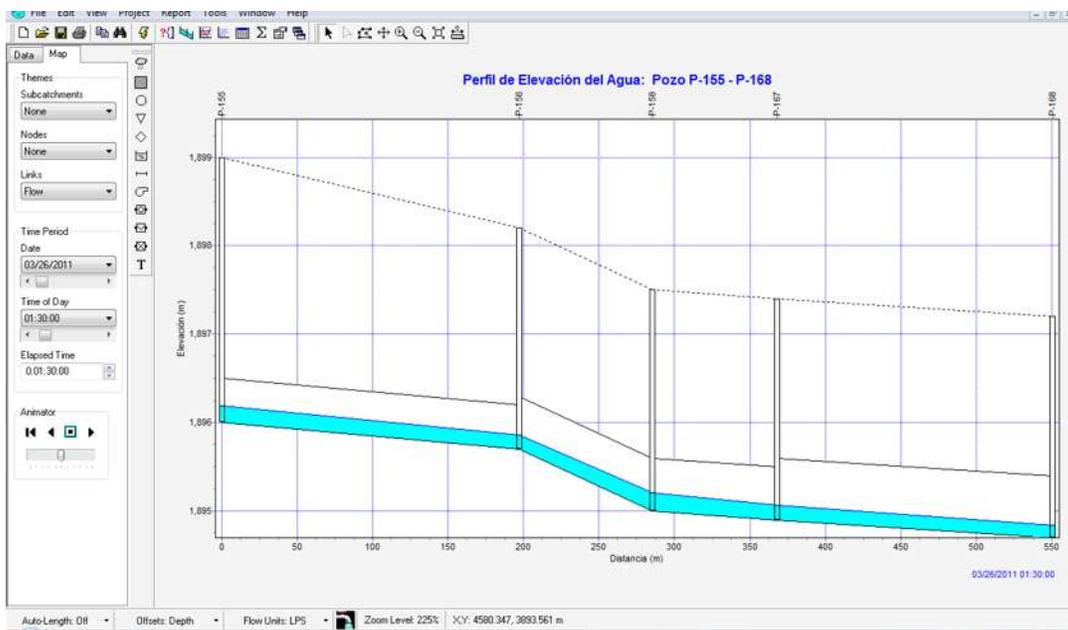


Figura 74. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-145, P-140 y P-141, unidos por los tramos T-139 y T-162. Al igual que en los anteriores tramos se presenta que los tiempos críticos en donde aumenta el caudal son en 00:00:50 a 00:01:10. Se observa que el tramo de la red trabaja a flujo libre. El tramo 139 funcionó con un diámetro de 0.50 m y para el tramo T-162 con un diámetro de 0.80 m.

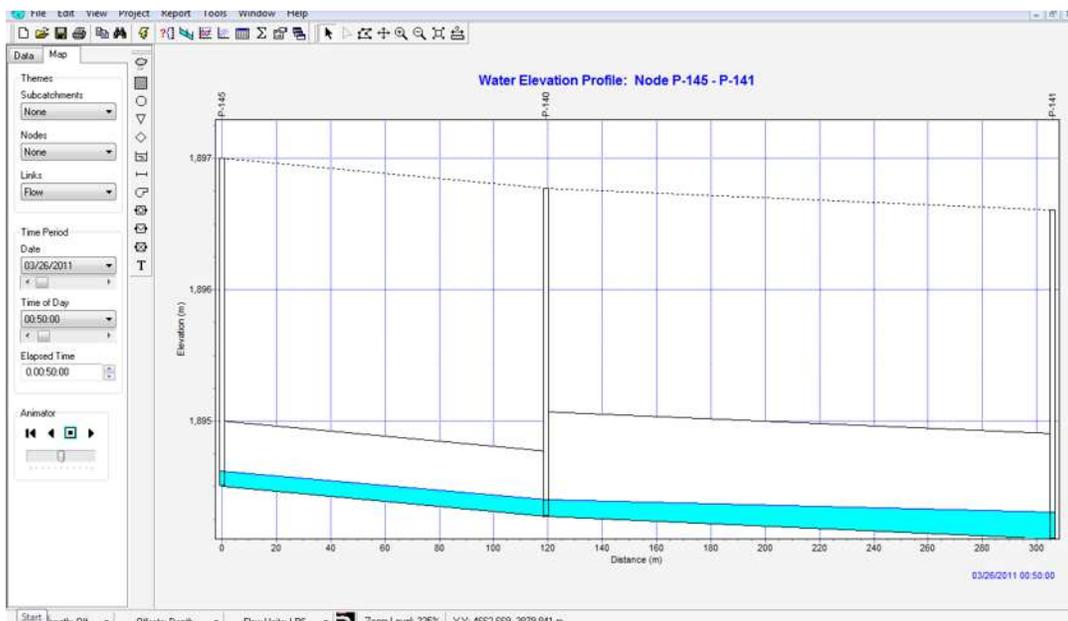


Figura 75. Tiempo 00:50:00

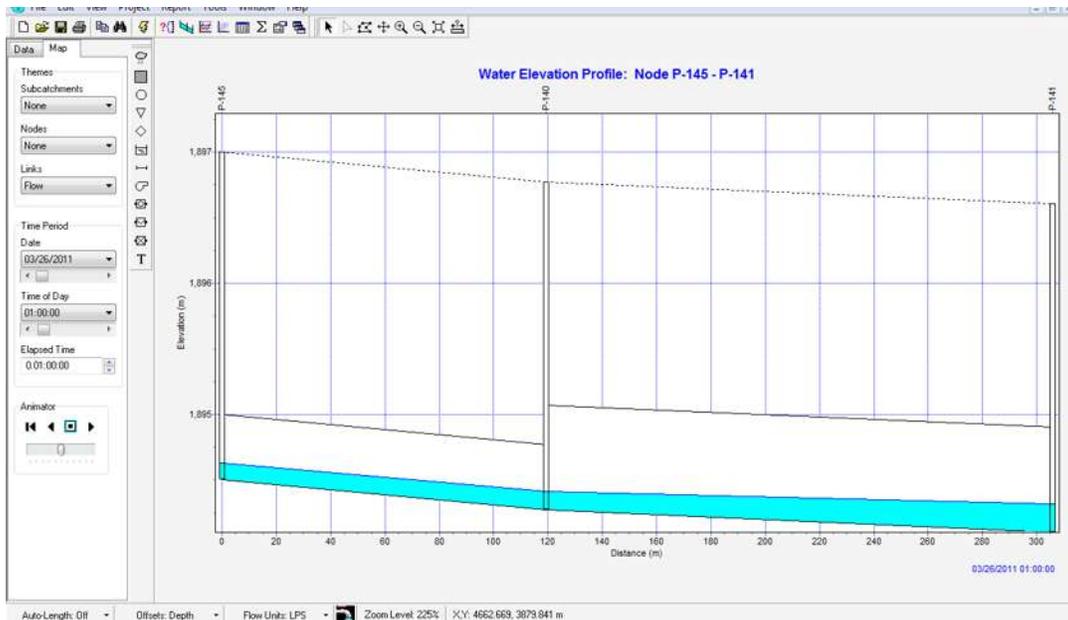


Figura 76. Tiempo 01:00:00

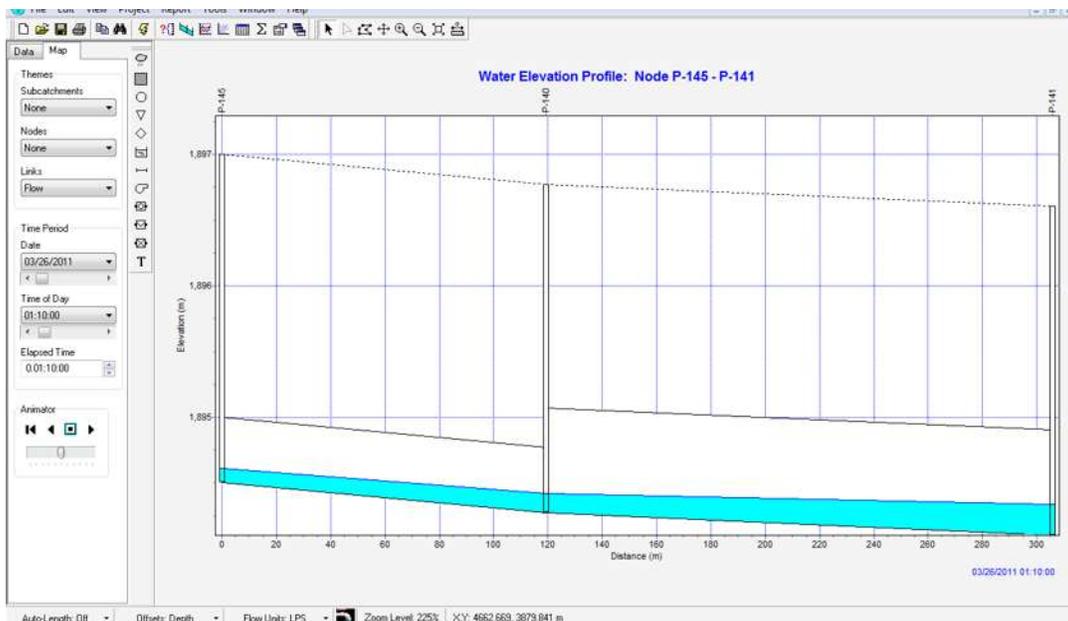


Figura 77. Tiempo 01:10:00

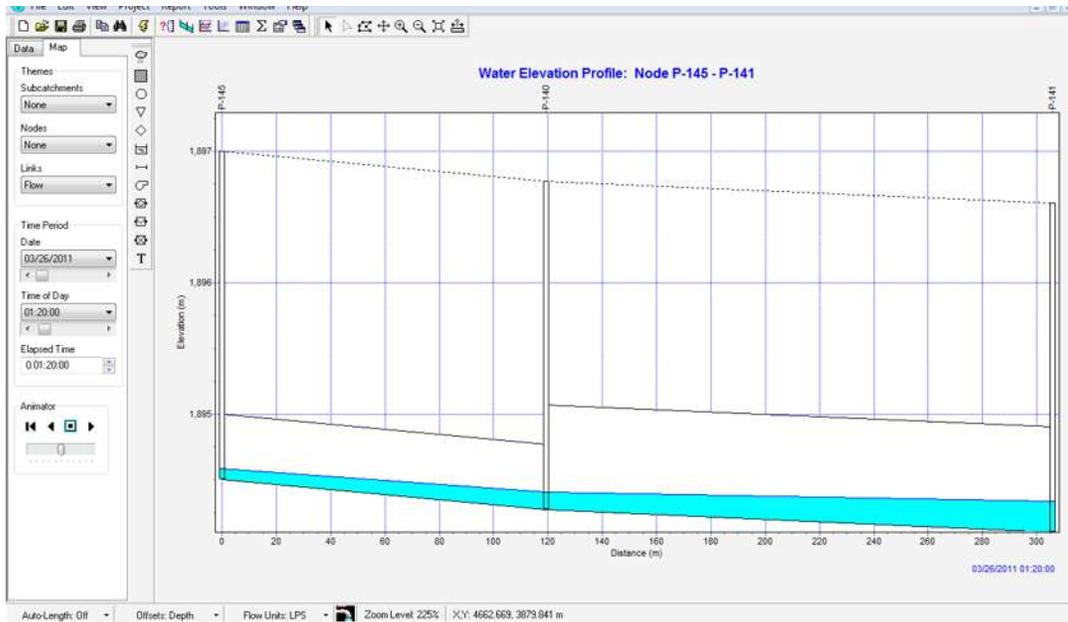


Figura 78. Tiempo 01:20:00

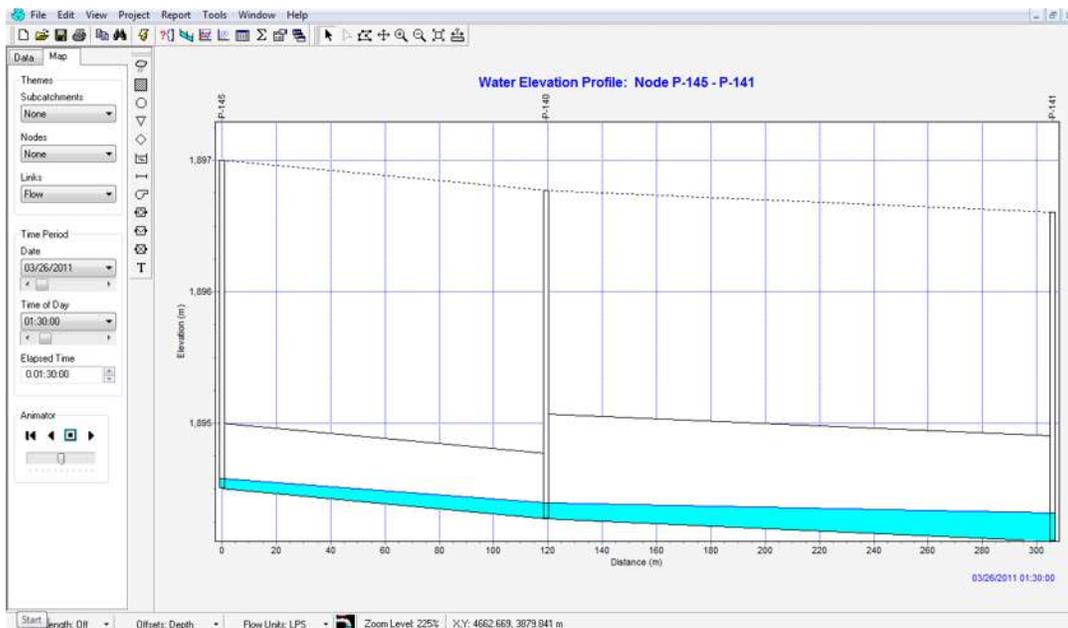


Figura 79. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-127, P-129 P-131 y P-133, unidos por los tramos T-119, T-122 y T-125. Al terminar la simulación se obtiene un buen funcionamiento del tramo, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo 119 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-122 con un diámetro de 0.80 m y el tramo T-125 funcionó con un diámetro de 0.80 m. Y el tramo de la red trabaja a flujo libre.

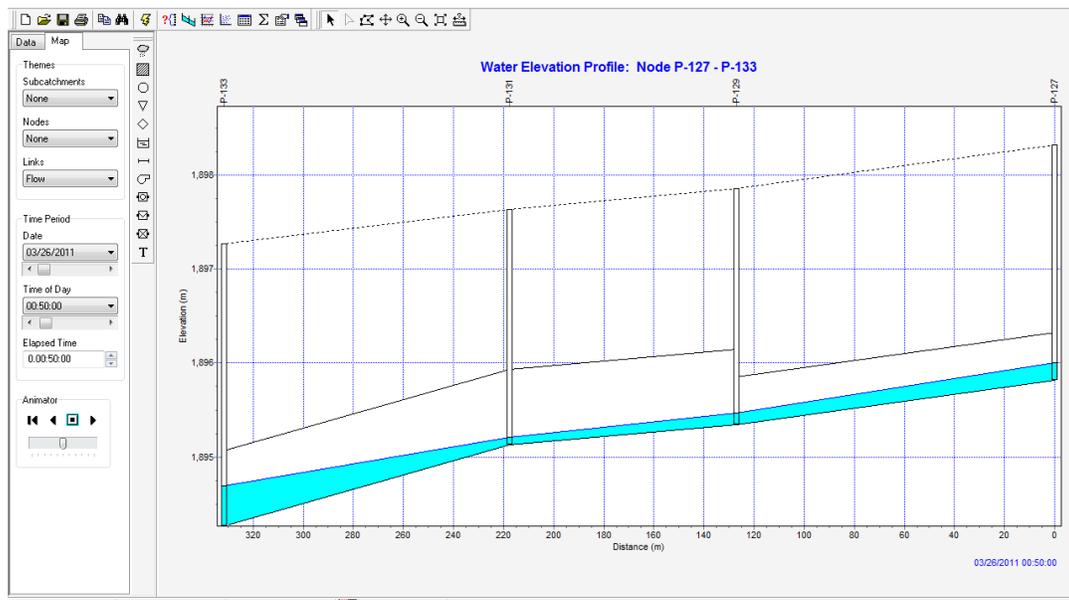


Figura 80. Tiempo 00:50:00

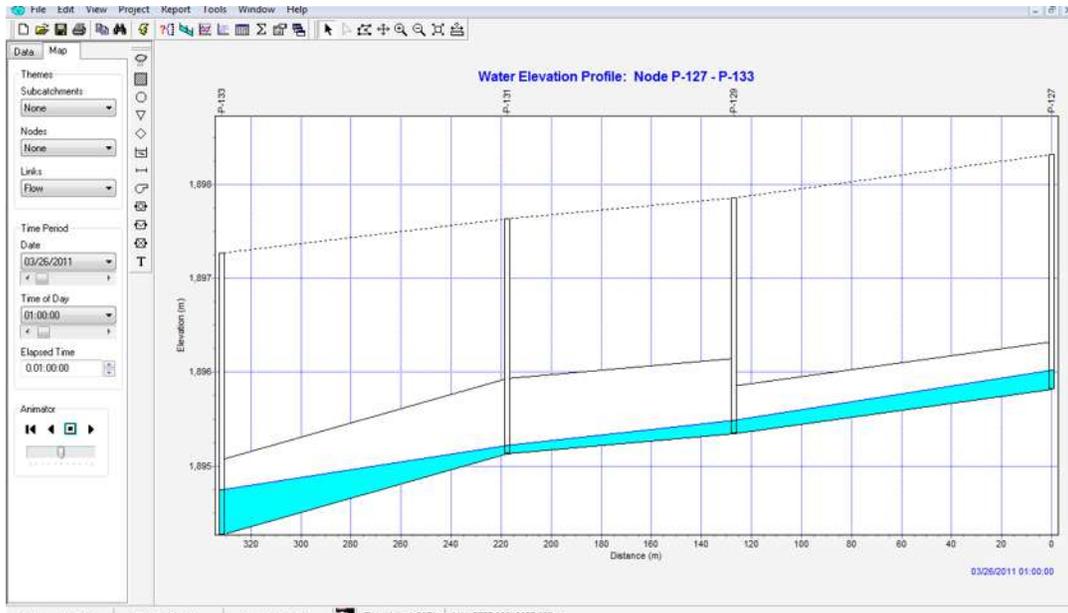


Figura 81. Tiempo 01:00:00

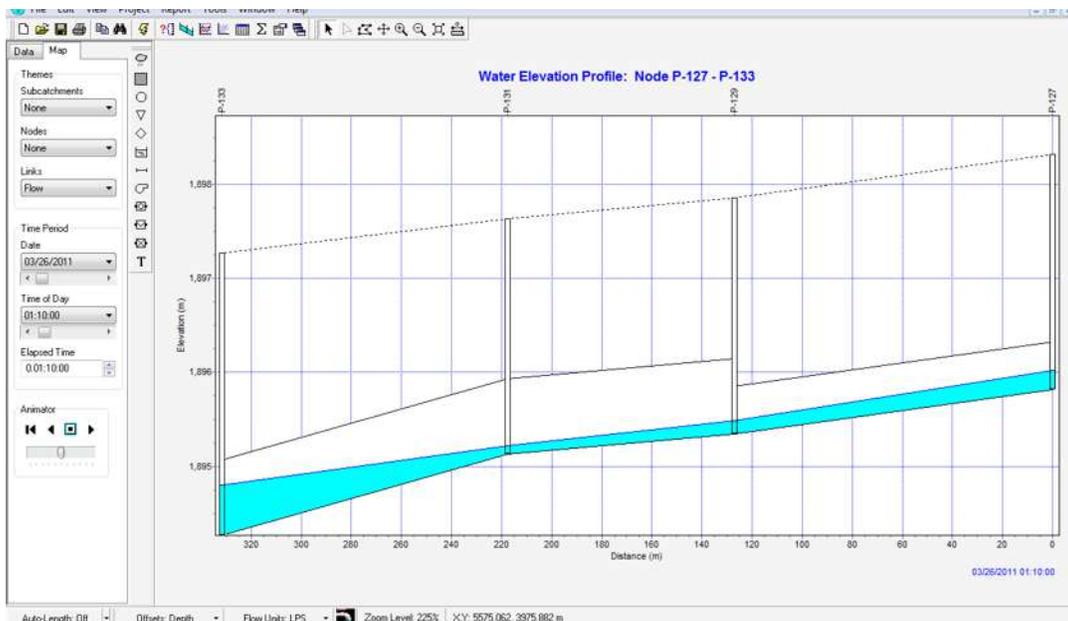


Figura 82. Tiempo 01:10:00

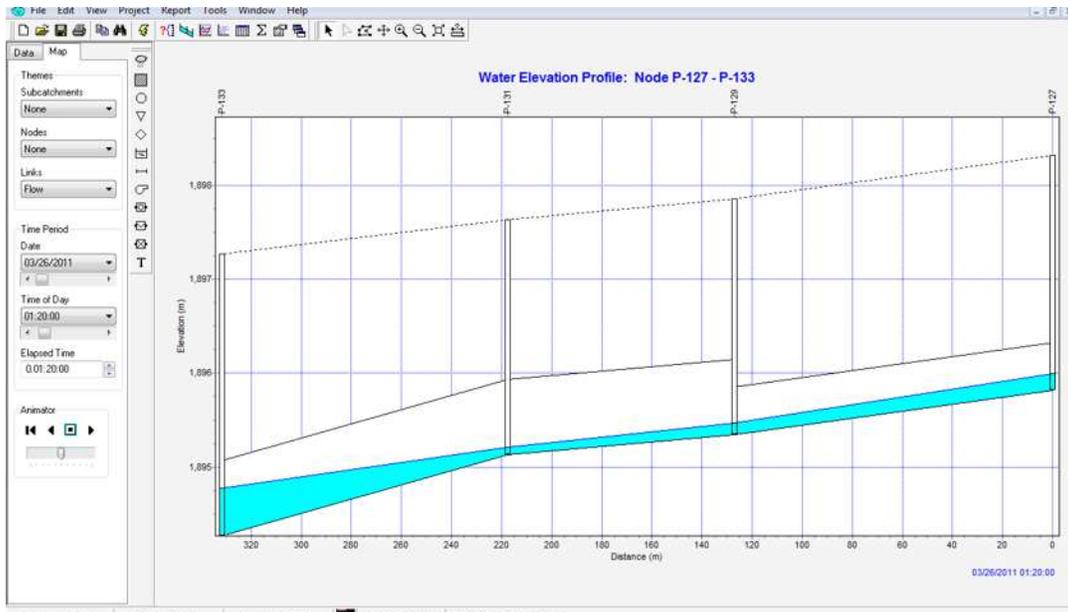


Figura 83. Tiempo 01:20:00

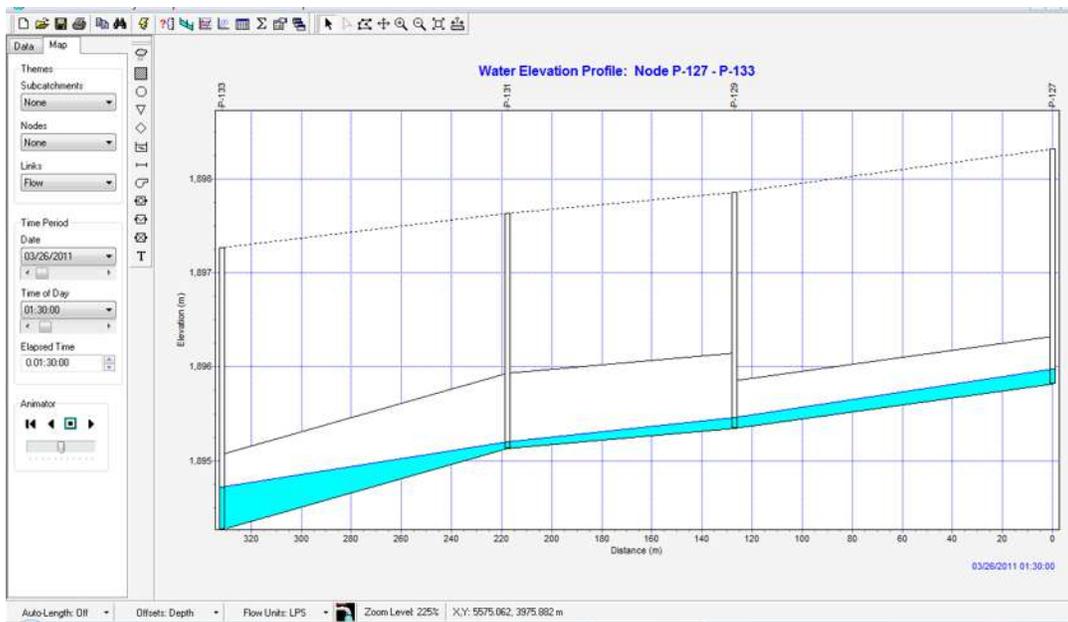


Figura 84. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-122, P-121, P-120 y P-136, unidos por los tramos T-130, T-132 y T-164. A continuación se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-130 funcionó con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-132 con un diámetro de 0.8 m y para el tramo T-164 con un diámetro de 0.80 m. El tramo de la red trabaja a flujo libre.

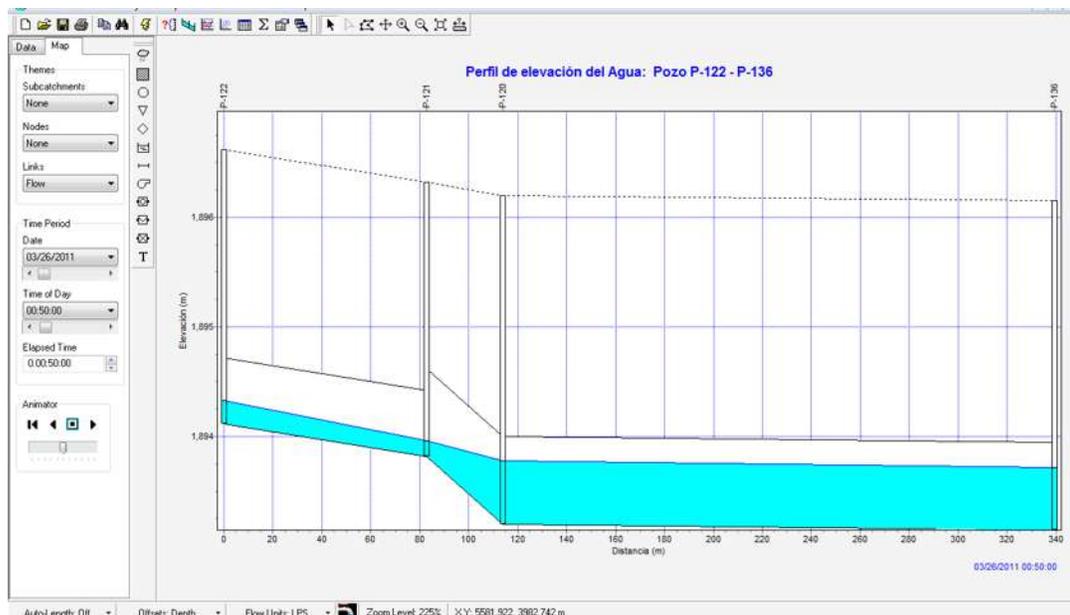


Figura 85. Tiempo 00:50:00

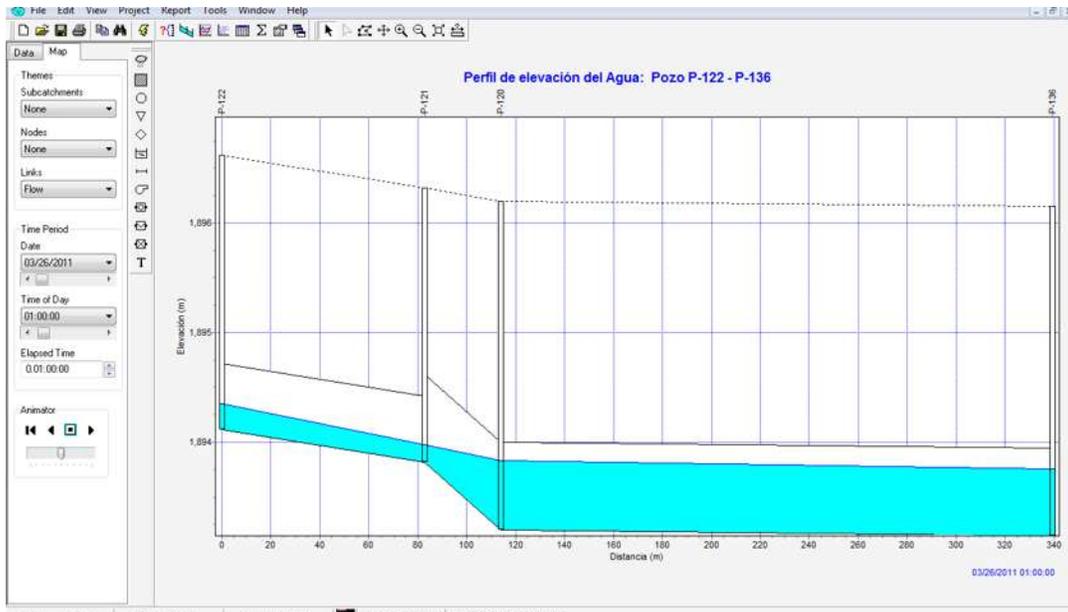


Figura 86. Tiempo 01:00:00

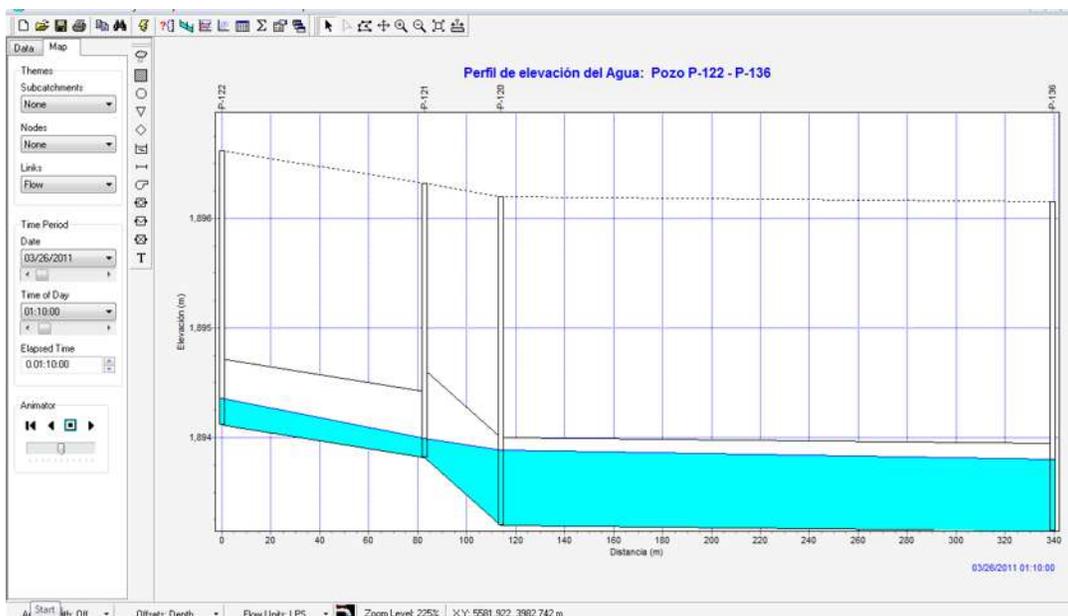


Figura 87. Tiempo 01:10:00

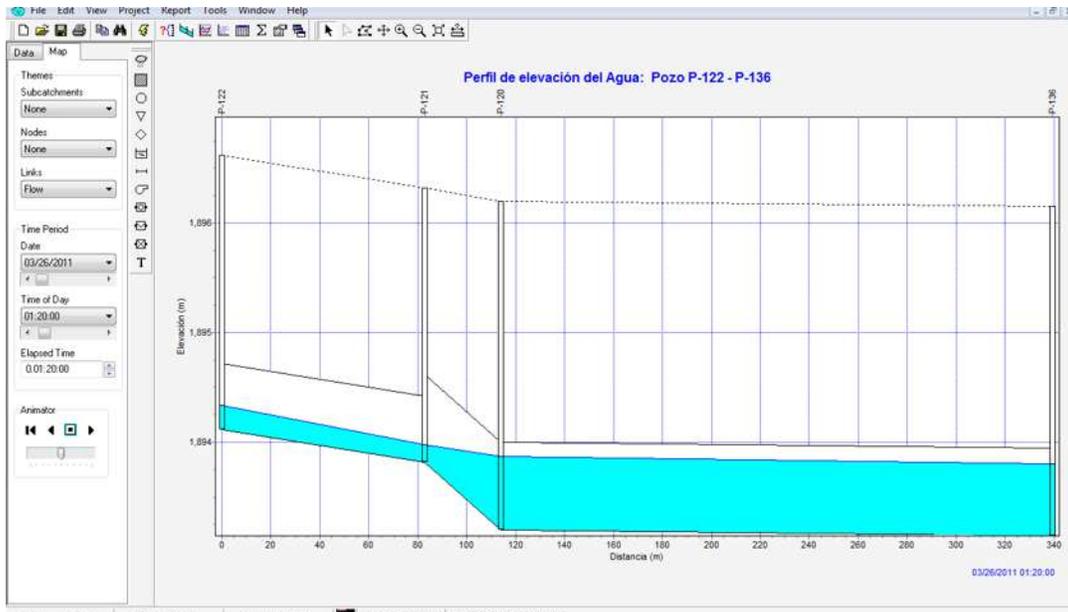


Figura 88. Tiempo 01:20:00

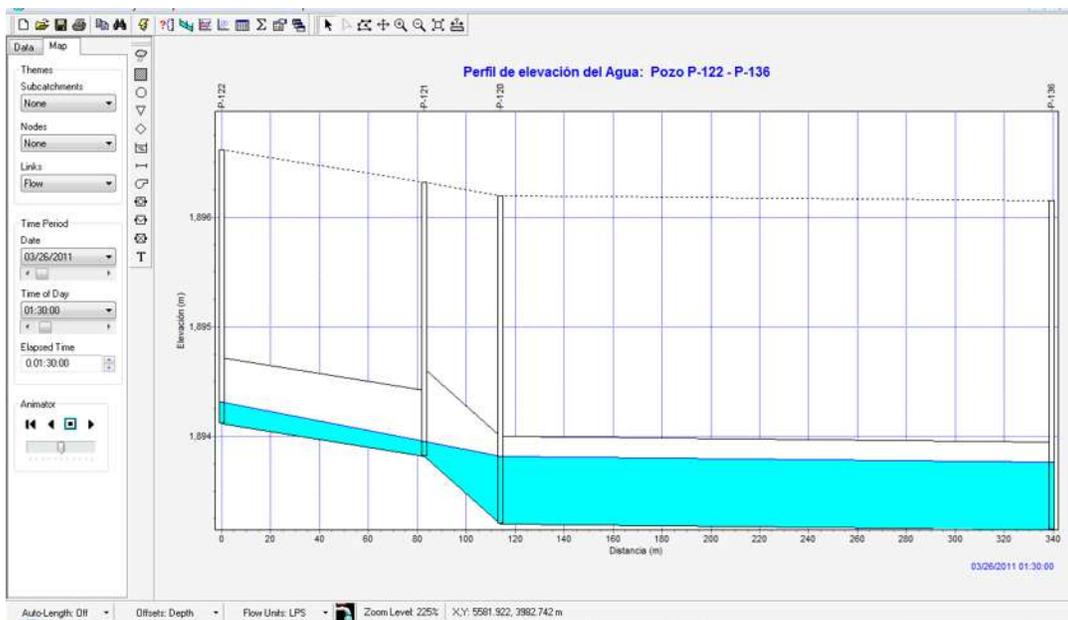


Figura 89. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-60, P-61, P-62, P-63, P-65, P-66, P-67 y P-170, unidos por los tramos T-59, T-60, T-61, T-63, T-65, T-73 y T-168. Se observa que el tramo de la red trabaja a flujo libre. Se muestra las simulaciones para los tiempos 00:00:50 a 00:01:10, los cuales son los tiempos donde alcanza el máximo nivel de agua. El tramo T-59 funcionó con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-60 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-61 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-63 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-65 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-73 con un diámetro de 0.50 m y para el tramo T-168 con un diámetro de 0.80 m.

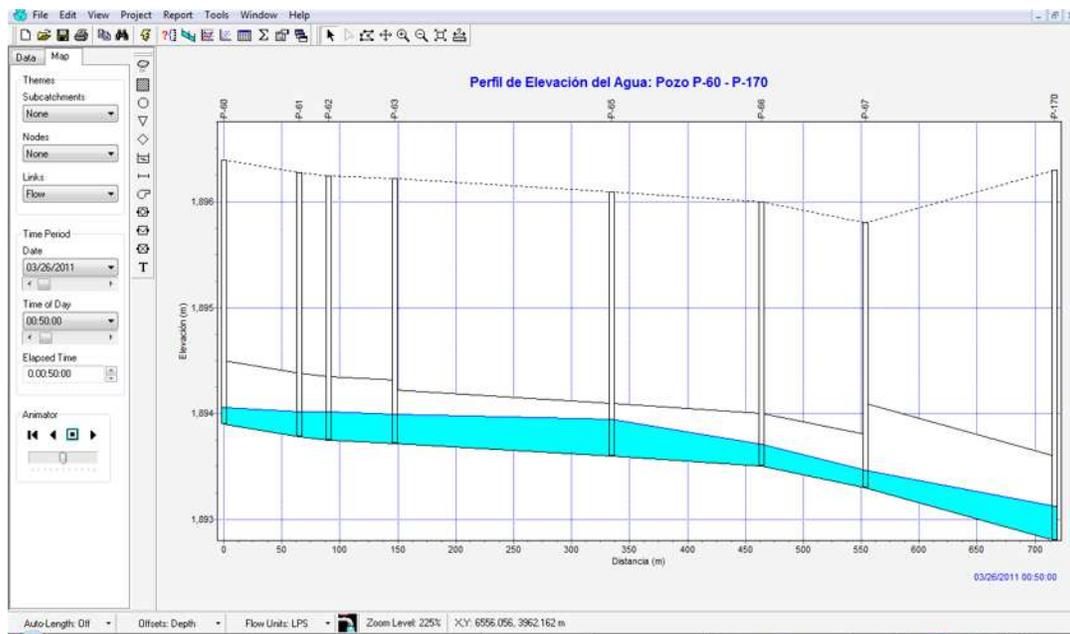


Figura 90. Tiempo 00:50:00

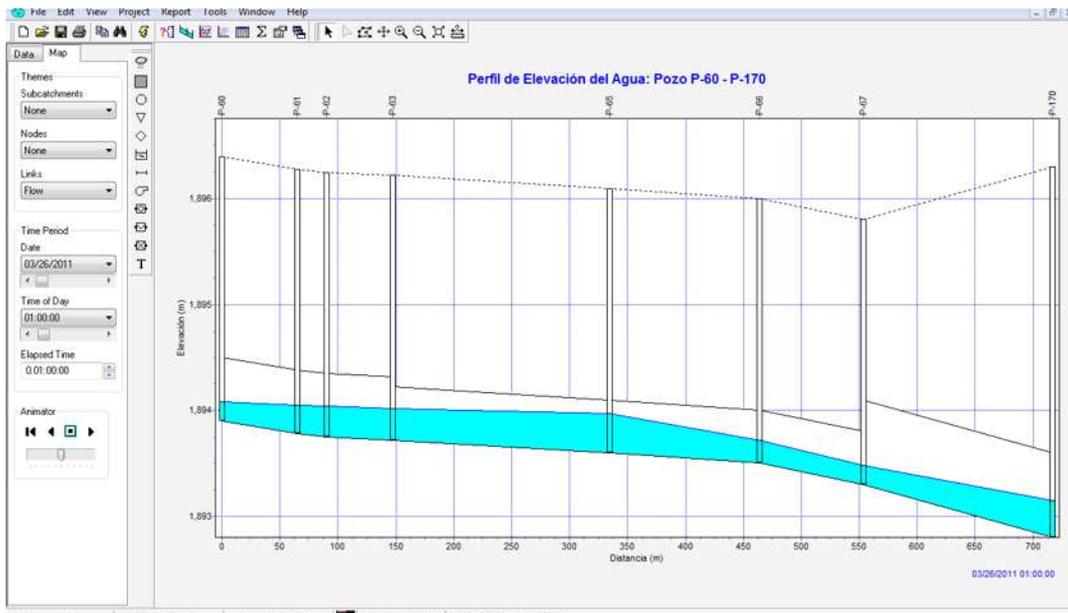


Figura 91. Tiempo 01:00:00

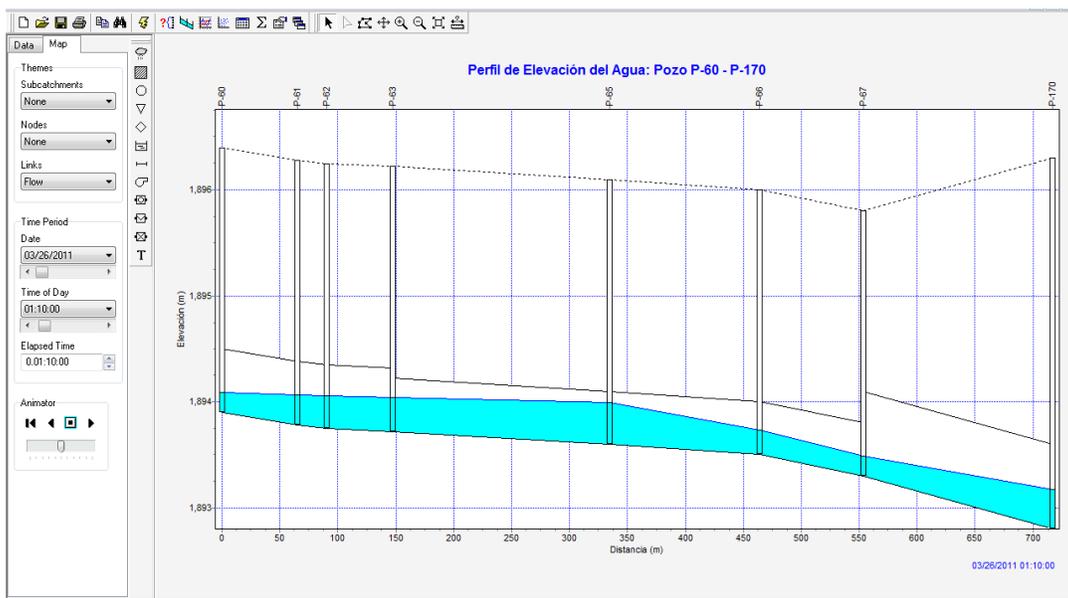


Figura 92. Tiempo 01:10:00

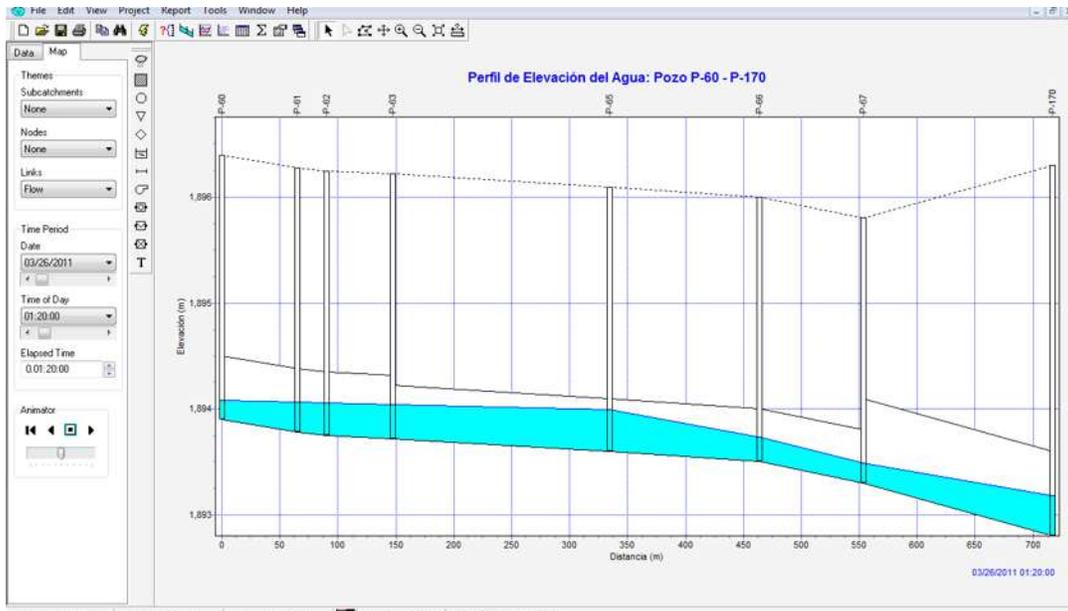


Figura 93. Tiempo 01:20:00

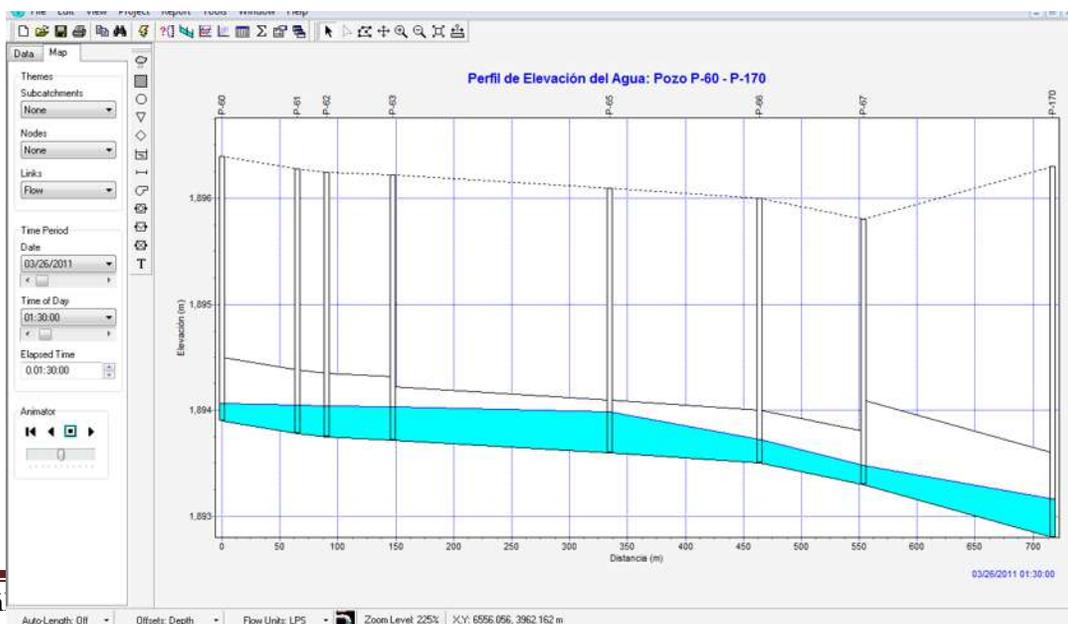


Figura 94. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-1, P-4, P-7, P-45, P-46, P-49, P-51, P-52, P-53, P-39, P-56, P-57 y P-171, unidos por los tramos T-44, 8, 9, T-46, T-48, T-50, T-51, T-52, T-54, T-55, T-57 y T-170. A continuación se ilustran los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento el incremento de elevaciones del agua en los tiempos 00:00:50 a 00:01:10. El tramo T-44 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo 8 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-9 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-46 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-48 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-50 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-51 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-52 con un diámetro de 0.40 m, el tramo T-54 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-55 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-57 con un diámetro de 0.80 m y para el tramo T-170 con un diámetro de 0.90 m.

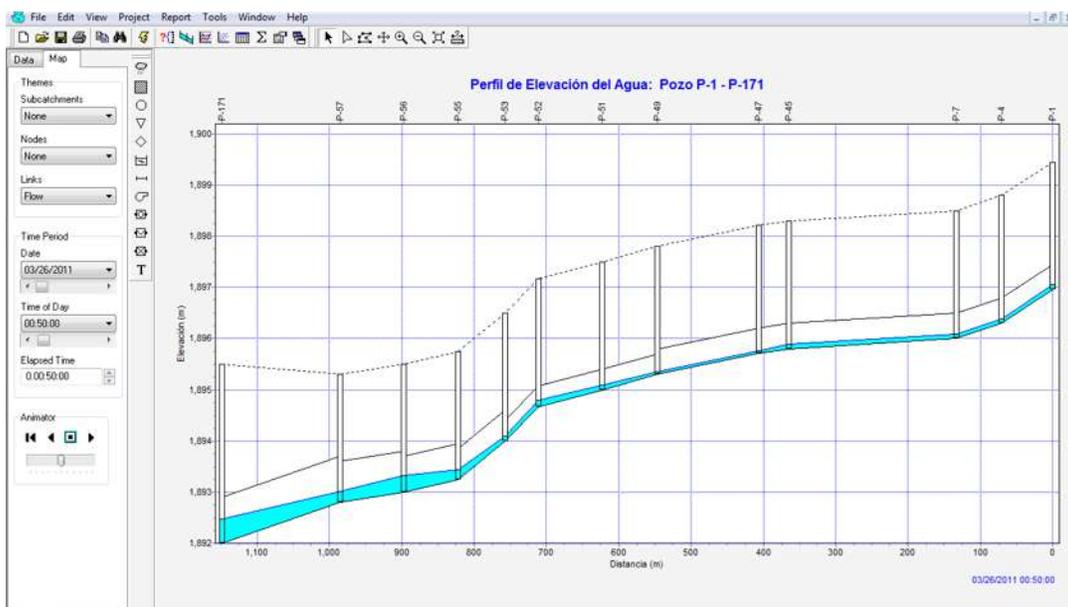


Figura 95. Tiempo 00:50:00

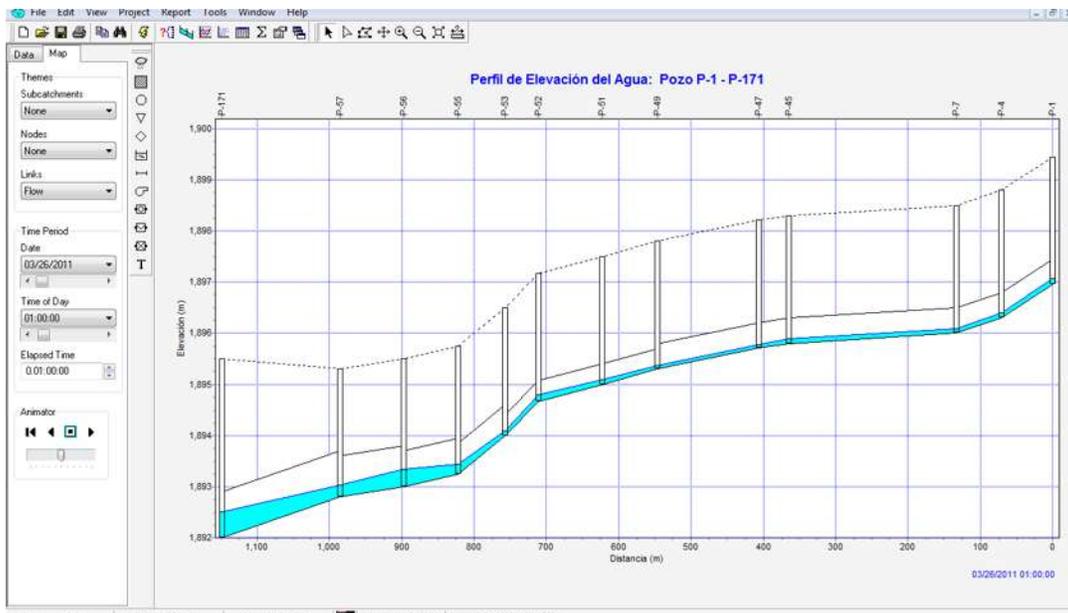


Figura 96. Tiempo 01:00:00

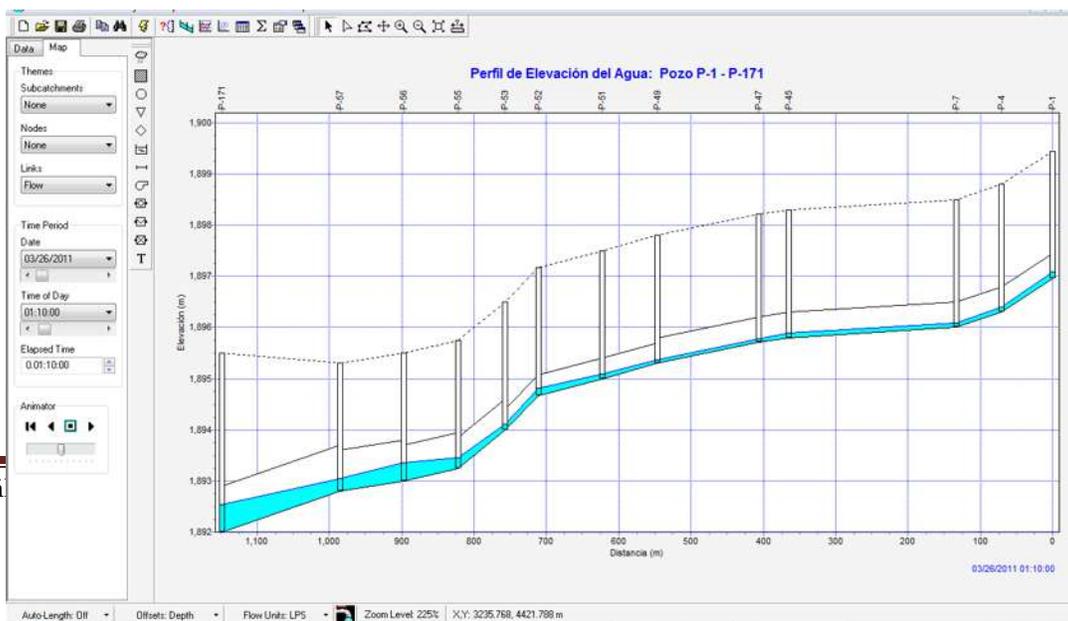


Figura 97. Tiempo 01:10:00

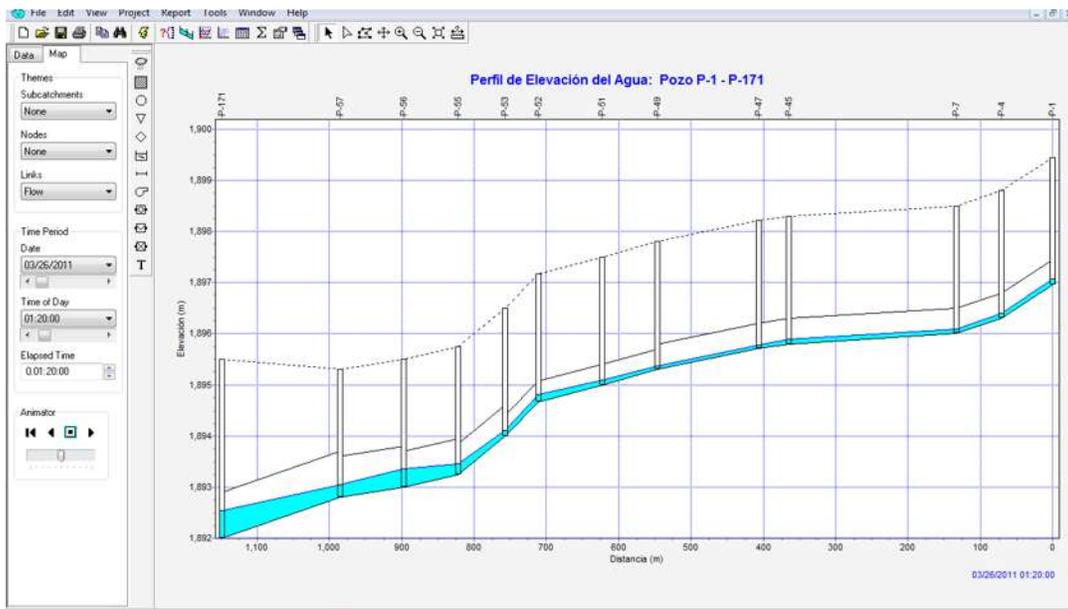


Figura 98. Tiempo 01:20:00

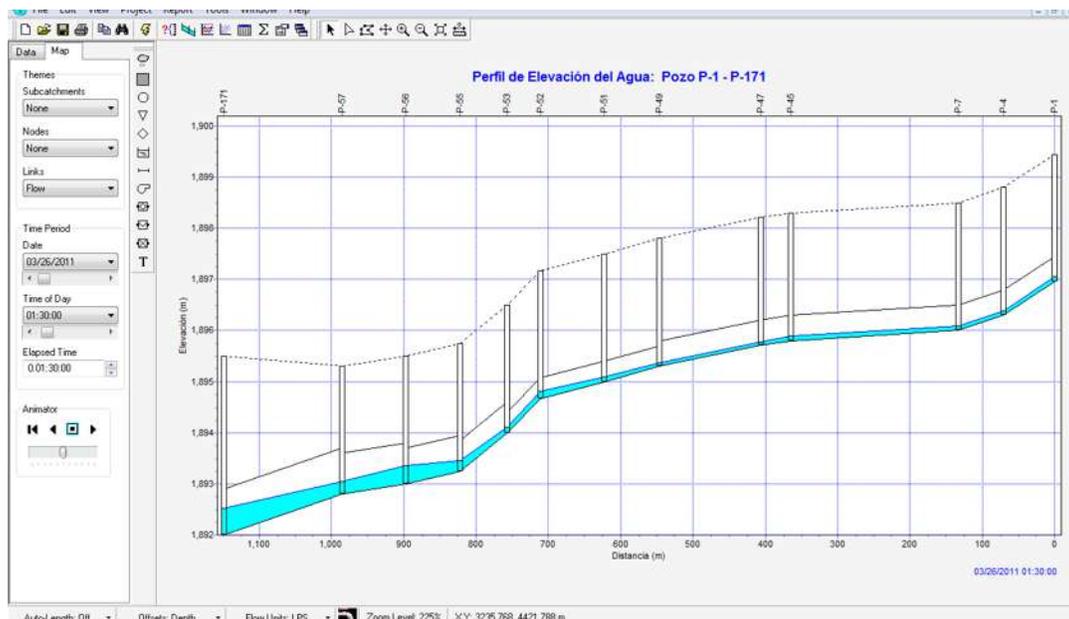


Figura 99. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-13, P-14, P-29, P-30, P-35, P-36, P-38, P-40, P-42 y P-172, unidos por los tramos T-13, T-27, T-28, T-35, T-36, T-38, T-40, T-42, y T-172. A continuación se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-13 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-27 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-28 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-35 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-36 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-38 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-40 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-42 con un diámetro de 0.50 m y para el tramo T-172 con un diámetro de 0.60 m.

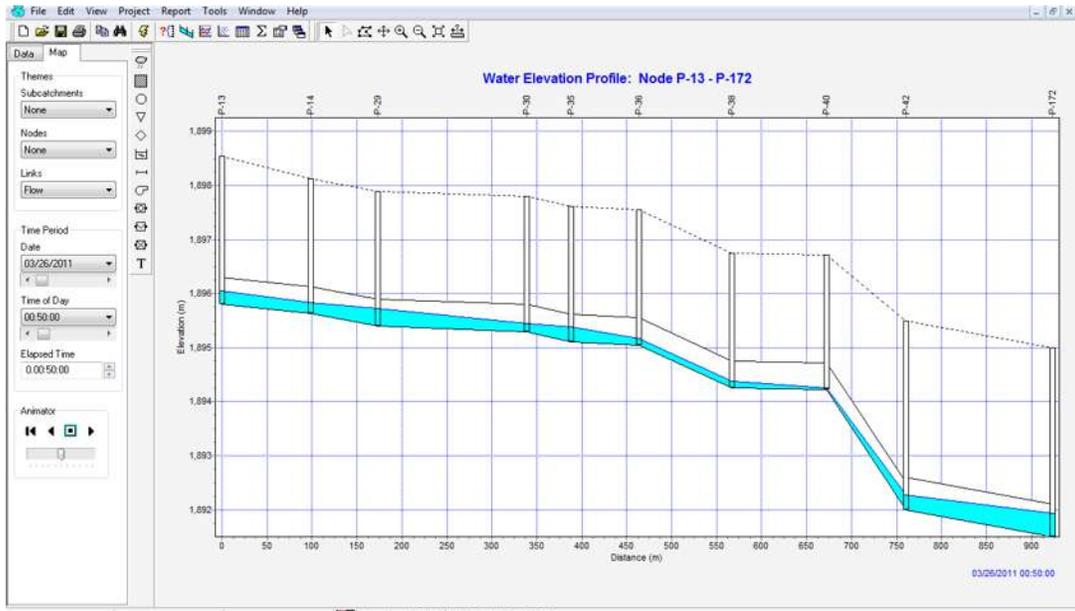


Figura 100. Tiempo 00:50:00

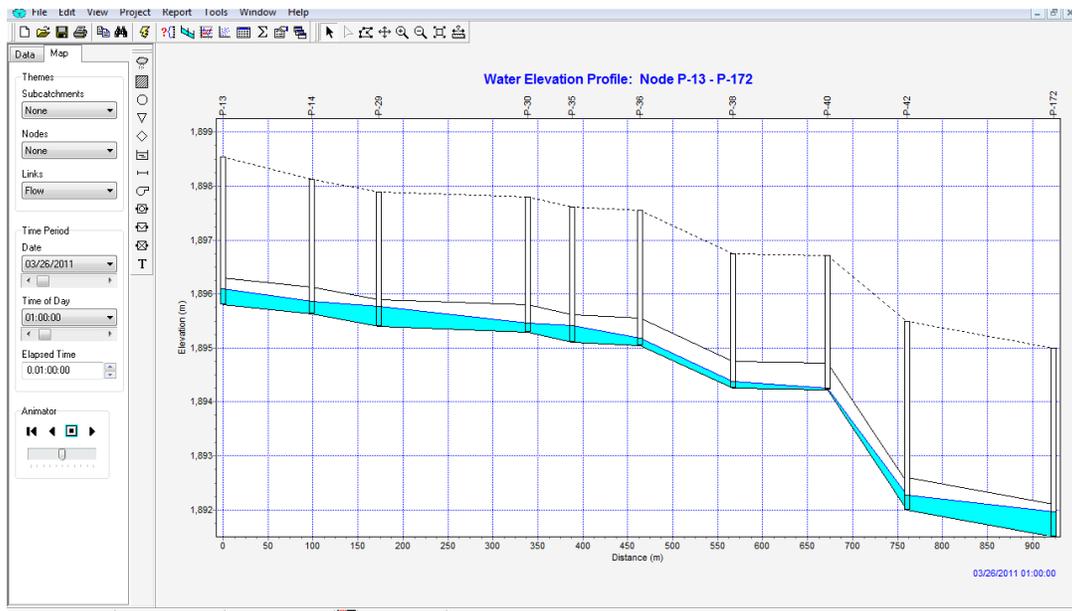


Figura 101. Tiempo 01:00:00

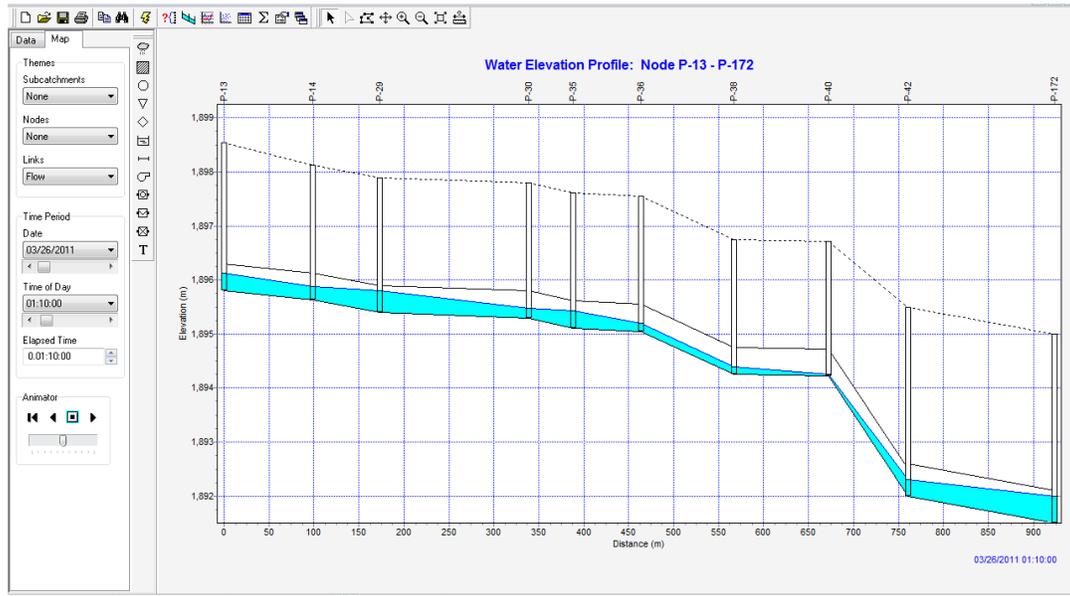


Figura 102. Tiempo 01:10:00

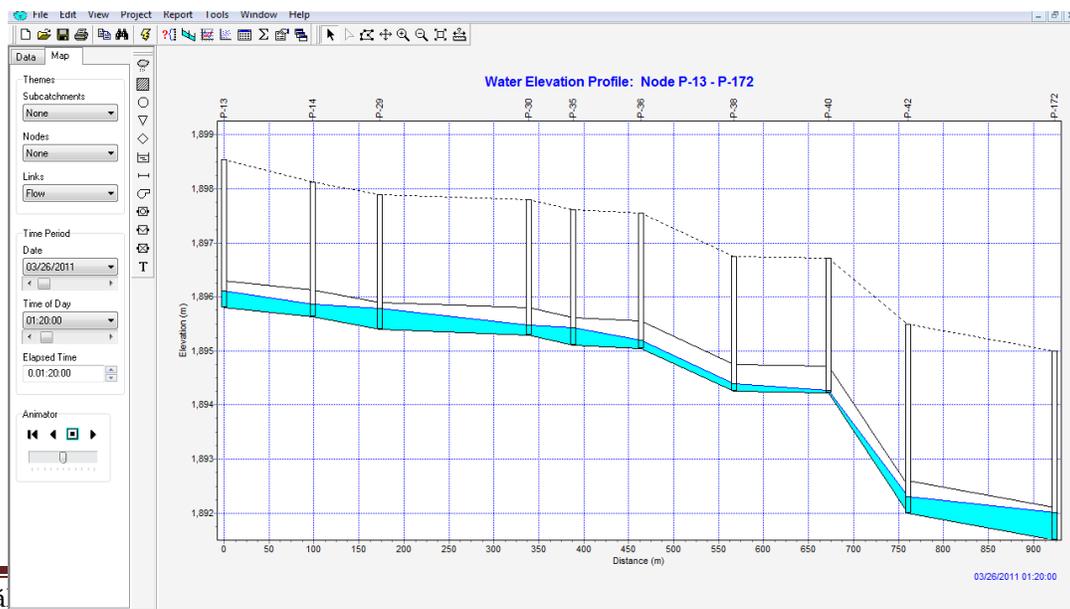


Figura 103. Tiempo 01:20:00

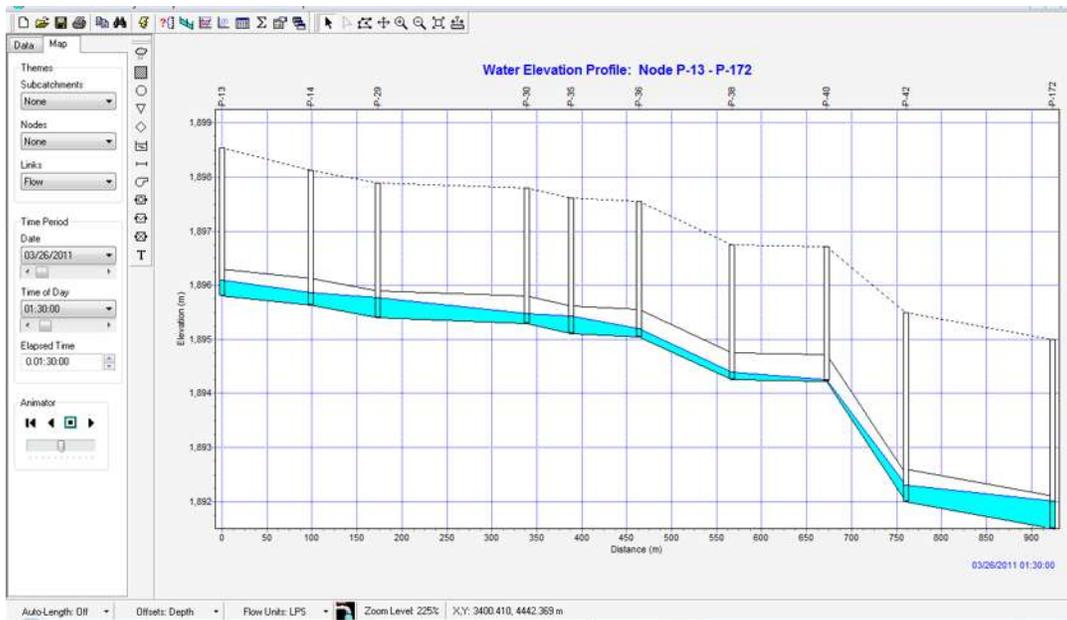


Figura 104. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-1, P-6, P-2, P-3, P-11, P-12, P-22, P-23, P-24, P-26 y P-173, unidos por los tramos T-1, 7, T-2, T-11, T-12, T-20, T-21, T-22, T-23, T-25, y T-174. Los tramos de la red trabajan a flujo libre. Se muestra la simulación de los 00:00:50 a 00:01:10 que son tiempos donde el nivel del agua. El tramo T-1 funcionó con un diámetro de 0.50 m, el tramo 7 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-2 con un diámetro de 0.50 m, el tramo T-11 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-12 con un diámetro de 0.70 m, el tramo T-20 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-21 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-22 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-23 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-25 con un

diámetro de 1.20 m, el tramo T-25 con un diámetro de 1.20 m y para el tramo T-174 con un diámetro de 1.30 m.

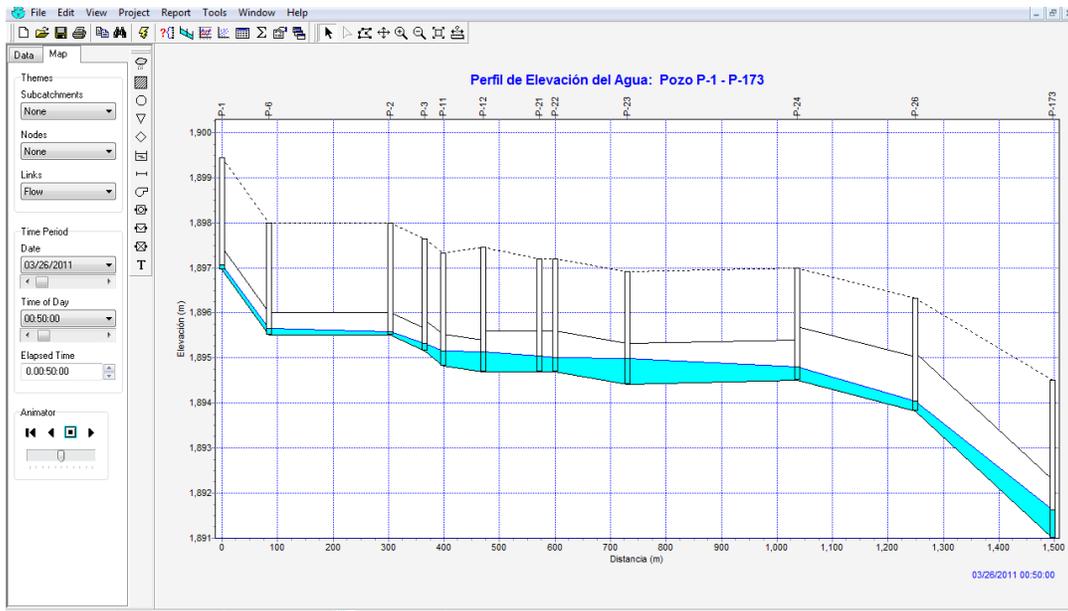


Figura 105. Tiempo 00:50:00

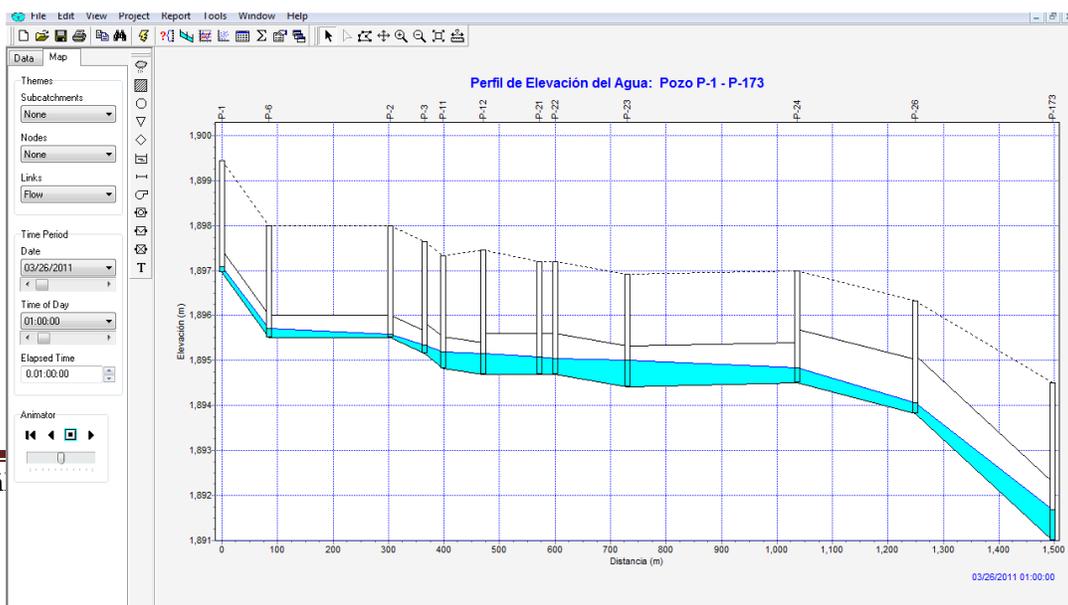


Figura 106. Tiempo 01:00:00



Figura 107. Tiempo 01:10:00

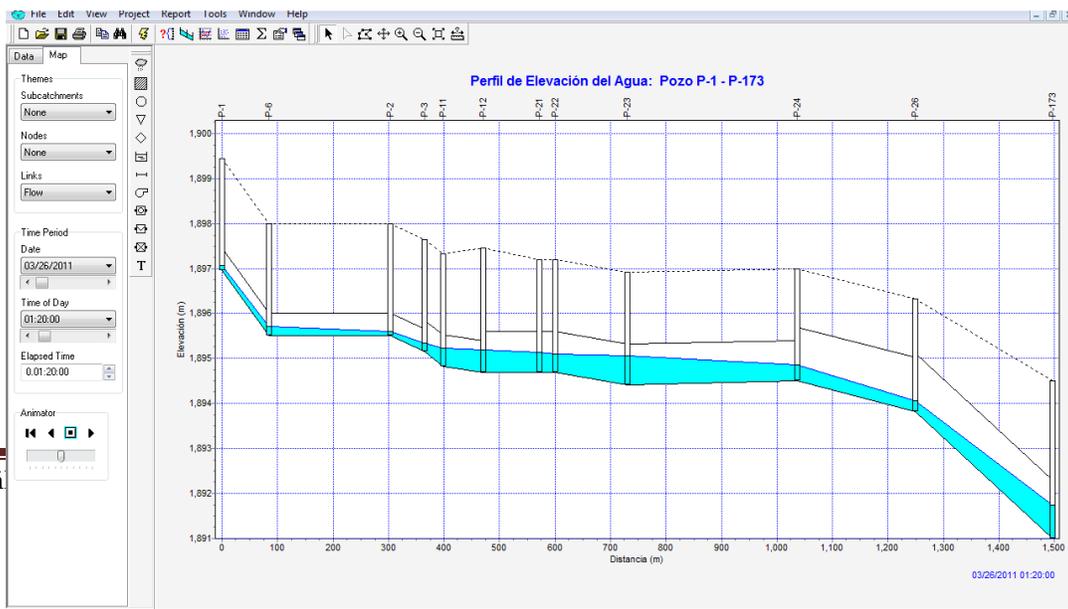


Figura 108. Tiempo 01:20:00



Figura 109. Tiempo 01:30:00

El tramo ubicado por los pozos P-168, P-146, P-141, P-136, P-169, P-170, P-171, P-172, P-173 y 1, unidos por los tramos T-159, T-161, T-163, T-165, T-167, T-169, T-171, T-173 y 1. En las siguientes figuras se presentan los perfiles de elevaciones, donde se puede apreciar que al momento cuando empieza la

simulación de lluvia, no es muy grande su elevación, pero en el tiempo 00:00:50 a 00:01:10 la captación de la tubería es muy grande, después del tiempo de 00:01:10 comienza a disminuir y durante las 24 horas de simulación de la lluvia no vuelve incrementar el nivel del agua. El tramo T-159 funcionó con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-161 con un diámetro de 0.60 m, el tramo T-163 con un diámetro de 0.80 m, el tramo T-165 con un diámetro de 0.90 m, el tramo T-167 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-169 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-171 con un diámetro de 1.00 m, el tramo T-173 con un diámetro de 1.00 m y para el tramo 1 con un diámetro de 1.00 m.

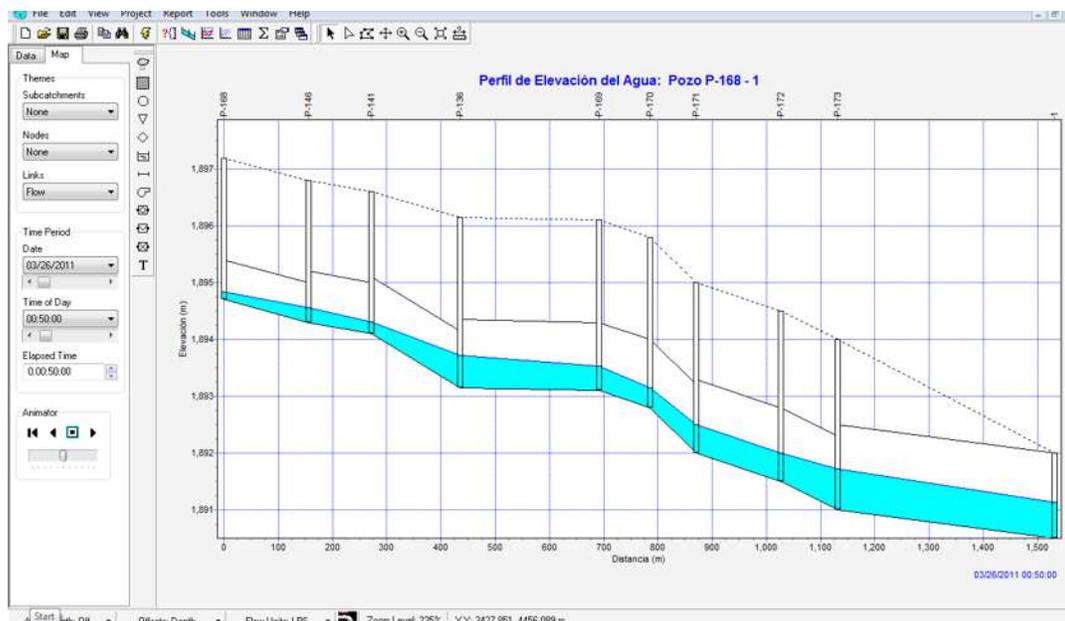


Figura 110. Tiempo 00:50:00

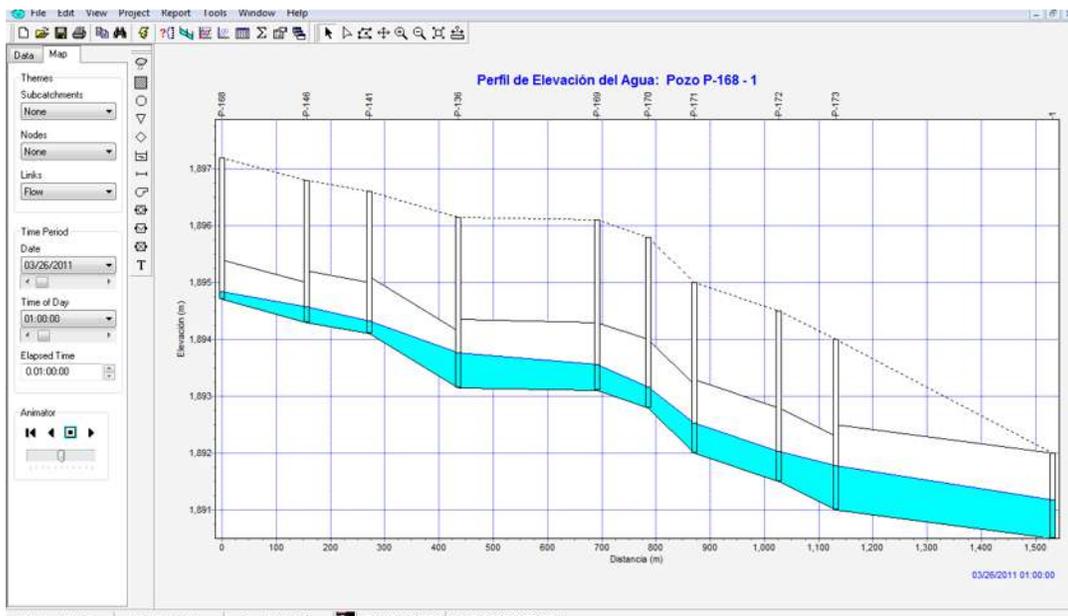


Figura 111. Tiempo 01:00:00

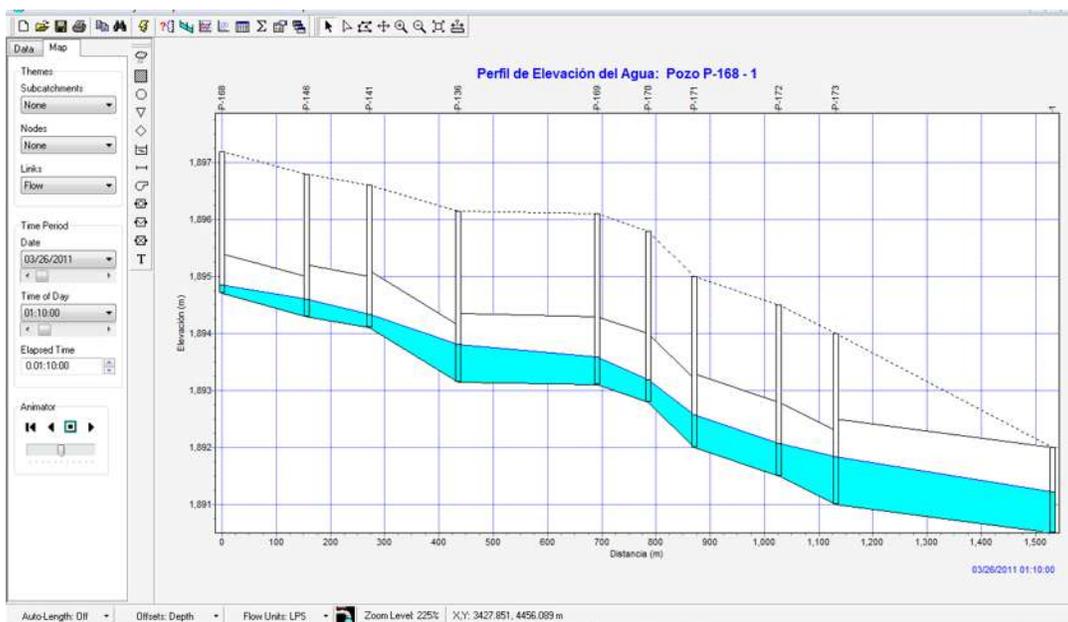


Figura 112. Tiempo 01:10:00

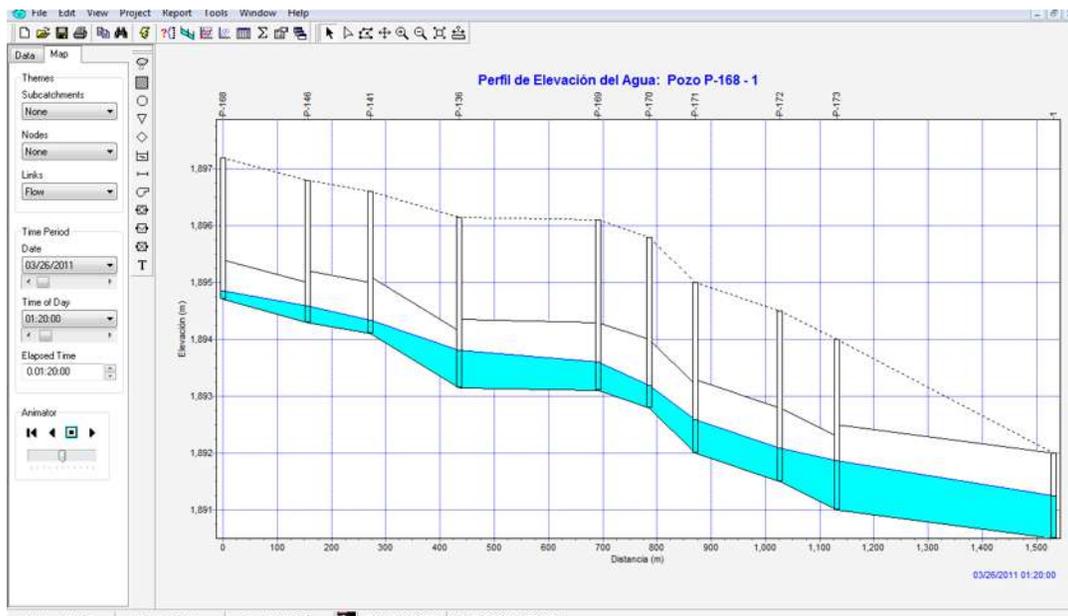


Figura 113. Tiempo 01:20:00

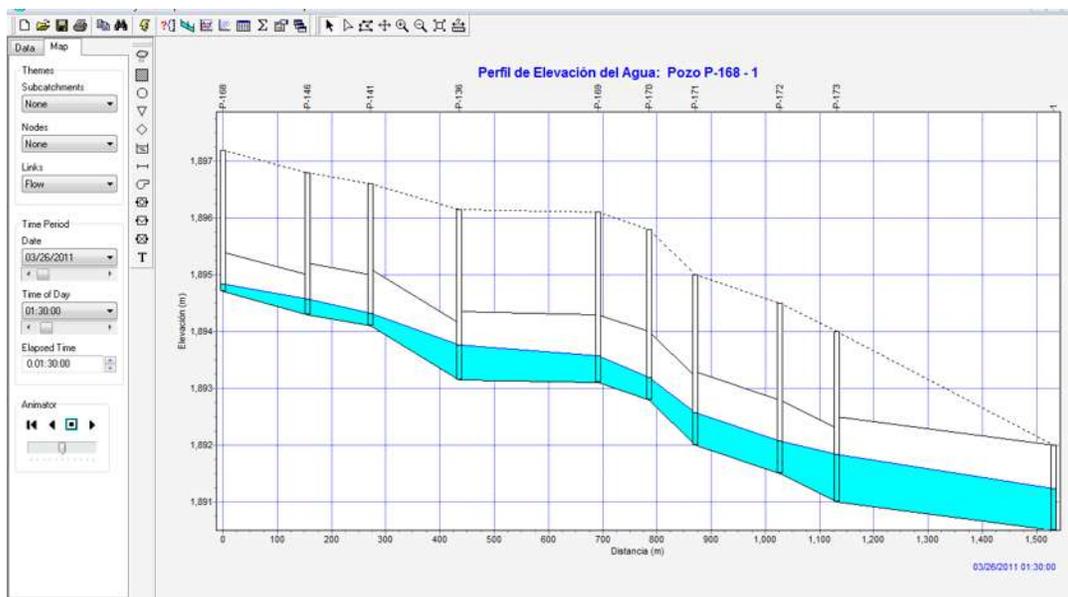


Figura 114. Tiempo 01:30:00

7.8 Resultados de la simulación para la red de drenaje sanitaria y pluvial.

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral LPS	Gasto Máximo Total LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-1	JUNCTION	157.32	157.32	0	1:05
P-10	JUNCTION	7.21	166.37	0	1:07
P-100	JUNCTION	7.21	65.63	0	1:17
P-101	JUNCTION	7.21	58.63	0	1:15
P-104	JUNCTION	7.21	72.13	0	1:11
P-105	JUNCTION	7.21	72.20	0	1:08
P-105'	JUNCTION	7.21	78.85	0	1:09
P-108	JUNCTION	7.21	51.94	0	1:06
P-109	JUNCTION	7.21	79.33	0	1:07
P-11	JUNCTION	7.21	212.03	0	1:09
P-111	JUNCTION	7.21	93.41	0	1:08
P-113	JUNCTION	7.21	146.95	0	1:10
P-115	JUNCTION	7.21	234.09	0	1:10
P-117	JUNCTION	7.21	206.77	0	1:06
P-119	JUNCTION	7.21	75.41	0	1:04
P-12	JUNCTION	7.21	281.31	0	1:11
P-120	JUNCTION	7.21	306.53	0	1:09
P-121	JUNCTION	7.21	258.87	0	1:06
P-122	JUNCTION	149.27	241.77	0	1:05
P-123	JUNCTION	7.21	151.70	0	1:09
P-124	JUNCTION	7.21	75.06	0	1:07
P-125	JUNCTION	7.21	96.90	0	1:05
P-126	JUNCTION	7.21	84.32	0	1:05
P-127	JUNCTION	173.42	173.42	0	1:05
P-129	JUNCTION	7.21	102.87	0	1:05
P-13	JUNCTION	147.24	147.24	0	1:05
P-131	JUNCTION	7.21	58.95	0	1:06
P-133	JUNCTION	7.21	115.94	0	1:07
P-136	JUNCTION	12.05	583.32	0	1:12
P-138	JUNCTION	7.21	43.04	0	1:09
P-139	JUNCTION	7.21	105.43	0	1:09
P-14	JUNCTION	7.21	154.16	0	1:05
P-140	JUNCTION	7.21	40.59	0	0:23
P-141	JUNCTION	12.28	272.22	0	1:13
P-145	JUNCTION	35.03	35.03	0	0:23
P-148	JUNCTION	7.21	93.14	0	1:05
P-149	JUNCTION	7.21	76.29	0	1:07
P-15	JUNCTION	7.21	37.62	0	1:06

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral	Gasto Máximo Total	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-151	JUNCTION	7.21	147.54	0	1:08
P-153	JUNCTION	7.21	158.60	0	1:09
P-155	JUNCTION	167.83	167.83	0	1:05
P-156	JUNCTION	7.21	208.47	0	1:06
P-158	JUNCTION	7.21	200.71	0	1:07
P-159	JUNCTION	174.93	174.93	0	1:05
P-16	JUNCTION	7.21	43.95	0	1:07
P-160	JUNCTION	7.21	56.48	0	1:06
P-164	JUNCTION	7.21	29.36	0	1:08
P-167	JUNCTION	7.21	136.22	0	1:08
P-146	JUNCTION	9.17	227.76	0	1:12
P-168	JUNCTION	8.03	61.74	0	1:10
P-169	JUNCTION	18.27	944.08	0	1:16
P-17	JUNCTION	7.21	50.94	0	1:09
P-170	JUNCTION	18.55	1066.49	0	1:17
P-171	JUNCTION	24.48	1344.01	0	1:18
P-172	JUNCTION	24.83	1576.55	0	1:19
P-173	JUNCTION	32.85	2092.51	0	1:19
P-18	JUNCTION	7.21	57.14	0	1:11
P-19	JUNCTION	7.21	64.29	0	1:14
P-2	JUNCTION	7.21	32.21	0	1:08
P-21	JUNCTION	7.21	287.35	0	1:12
P-22	JUNCTION	7.21	293.10	0	1:13
P-23	JUNCTION	7.21	298.52	0	1:15
P-24	JUNCTION	176.31	477.71	0	1:12
P-26	JUNCTION	7.21	487.80	0	1:14
P-29	JUNCTION	7.21	130.32	0	1:07
P-3	JUNCTION	7.21	205.00	0	1:09
P-30	JUNCTION	7.21	136.69	0	1:09
P-31	JUNCTION	7.21	49.89	0	1:08
P-32	JUNCTION	7.21	56.79	0	1:08
P-33	JUNCTION	7.21	63.70	0	1:09
P-34	JUNCTION	7.21	70.70	0	1:10
P-35	JUNCTION	7.21	155.28	0	1:11
P-36	JUNCTION	7.21	162.47	0	1:12
P-38	JUNCTION	7.21	81.07	0	1:13
P-4	JUNCTION	7.21	70.96	0	1:05
P-40	JUNCTION	7.21	22.30	0	1:15

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral	Gasto Máximo Total	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-42	JUNCTION	7.21	208.08	0	1:18
P-45	JUNCTION	7.21	17.77	0	1:07
P-47	JUNCTION	7.21	24.88	0	1:09
P-49	JUNCTION	7.21	32.01	0	1:11
P-5	JUNCTION	7.21	124.18	0	1:05
P-51	JUNCTION	7.21	17.80	0	1:13
P-52	JUNCTION	7.21	74.66	0	1:14
P-53	JUNCTION	7.21	81.85	0	1:14
P-55	JUNCTION	7.21	125.29	0	1:14
P-56	JUNCTION	7.21	348.05	0	1:17
P-57	JUNCTION	7.21	443.12	0	1:17
P-6	JUNCTION	7.21	100.38	0	1:05
P-60	JUNCTION	64.88	64.88	0	1:05
P-61	JUNCTION	7.21	71.67	0	1:05
P-62	JUNCTION	7.21	78.05	0	1:06
P-63	JUNCTION	7.21	121.30	0	1:06
P-64	JUNCTION	7.21	58.01	0	1:09
P-65	JUNCTION	7.21	141.05	0	1:14
P-66	JUNCTION	7.21	305.23	0	1:17
P-67	JUNCTION	7.21	194.32	0	1:11
P-68	JUNCTION	97.40	97.40	0	1:05
P-7	JUNCTION	7.21	35.83	0	1:06
P-70	JUNCTION	7.21	107.22	0	1:15
P-71	JUNCTION	7.21	139.44	0	1:14
P-75	JUNCTION	7.21	114.39	0	1:16
P-76	JUNCTION	7.21	157.52	0	1:17
P-78	JUNCTION	7.21	35.14	0	1:07
P-79	JUNCTION	7.21	42.30	0	1:07
P-8	JUNCTION	7.21	32.14	0	1:07
P-80	JUNCTION	7.21	81.98	0	1:08
P-82	JUNCTION	7.21	116.06	0	1:10
P-84	JUNCTION	7.21	123.22	0	1:10
P-85	JUNCTION	7.21	130.39	0	1:11
P-86	JUNCTION	7.21	137.27	0	1:12
P-87	JUNCTION	7.21	144.12	0	1:12
P-88	JUNCTION	7.21	150.99	0	1:13
P-89	JUNCTION	7.21	158.00	0	1:14
P-9'	JUNCTION	7.21	36.02	0	1:08

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral	Gasto Máximo Total	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-90	JUNCTION	7.21	102.77	0	1:13
P-91	JUNCTION	7.21	181.73	0	1:14
P-92	JUNCTION	7.21	152.67	0	1:15
P-93	JUNCTION	7.21	108.23	0	1:16
P-94	JUNCTION	7.21	242.82	0	1:21
P-95	JUNCTION	7.21	90.18	0	1:09
P-96	JUNCTION	7.21	27.94	0	1:18
P-97	JUNCTION	7.21	78.69	0	1:08
P-98	JUNCTION	7.21	144.83	0	1:12
P-99	JUNCTION	7.21	146.95	0	1:17
1	OUTFALL	0.00	2092.06	0	1:21

Tabla 16. Resultados de los gastos en los pozos para la red de alcantarillado sanitaria y pluvial.

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-1	CONDUIT	93.17	0	1:05
T-2	CONDUIT	31.85	0	1:10
T-3	CONDUIT	42.12	0	1:05
T-4	CONDUIT	71.93	0	1:06
T-6	CONDUIT	24.93	0	1:07
T-7	CONDUIT	15.76	0	1:25
T-8	CONDUIT	28.81	0	1:08
T-9	CONDUIT	36.02	0	1:08
T-5	CONDUIT	124.18	0	1:05
T-10	CONDUIT	166.07	0	1:08
T-11	CONDUIT	204.82	0	1:09
T-12	CONDUIT	210.99	0	1:10
T-13	CONDUIT	146.95	0	1:05
T-14	CONDUIT	30.41	0	1:06
T-15	CONDUIT	36.74	0	1:07
T-16	CONDUIT	43.73	0	1:09
T-17	CONDUIT	49.93	0	1:11
T-18	CONDUIT	57.07	0	1:14
T-19	CONDUIT	64.38	0	1:15
T-20	CONDUIT	280.14	0	1:12
T-21	CONDUIT	285.89	0	1:13
T-22	CONDUIT	291.31	0	1:15
T-23	CONDUIT	297.49	0	1:18
T-24	CONDUIT	38.85	0	1:13
T-25	CONDUIT	477.20	0	1:14
T-26	CONDUIT	3.43	0	1:17
T-27	CONDUIT	123.11	0	1:07
T-28	CONDUIT	129.48	0	1:09
T-29	CONDUIT	16.59	0	1:12
T-30	CONDUIT	42.67	0	1:08
T-31	CONDUIT	49.58	0	1:08
T-32	CONDUIT	56.49	0	1:09
T-33	CONDUIT	63.49	0	1:10
T-34	CONDUIT	70.59	0	1:11
T-35	CONDUIT	77.47	0	1:11
T-36	CONDUIT	155.26	0	1:12
T-37	CONDUIT	49.68	0	1:13
T-38	CONDUIT	73.85	0	1:13

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-39	CONDUIT	66.01	0	1:14
T-40	CONDUIT	15.09	0	1:15
T-41	CONDUIT	7.54	0	1:17
T-42	CONDUIT	11.25	0	1:17
T-43	CONDUIT	189.63	0	1:18
T-44	CONDUIT	63.75	0	1:05
T-46	CONDUIT	17.67	0	1:09
T-47	CONDUIT	16.63	0	1:10
T-48	CONDUIT	8.22	0	1:10
T-49	CONDUIT	21.37	0	1:13
T-50	CONDUIT	10.59	0	1:13
T-51	CONDUIT	17.78	0	1:14
T-52	CONDUIT	74.64	0	1:14
T-53	CONDUIT	29.76	0	1:15
T-54	CONDUIT	52.09	0	1:15
T-55	CONDUIT	125.18	0	1:16
T-56	CONDUIT	208.17	0	1:17
T-57	CONDUIT	347.95	0	1:18
T-58	CONDUIT	88.47	0	1:12
T-59	CONDUIT	64.46	0	1:05
T-60	CONDUIT	70.83	0	1:06
T-61	CONDUIT	77.40	0	1:06
T-62	CONDUIT	50.80	0	1:09
T-63	CONDUIT	65.53	0	1:09
T-64	CONDUIT	39.21	0	1:14
T-65	CONDUIT	140.53	0	1:16
T-66	CONDUIT	57.04	0	1:19
T-67	CONDUIT	75.43	0	1:14
T-68	CONDUIT	100.01	0	1:15
T-69	CONDUIT	107.18	0	1:16
T-70	CONDUIT	114.38	0	1:17
T-71	CONDUIT	35.93	0	1:17
T-72	CONDUIT	157.52	0	1:17
T-73	CONDUIT	97.13	0	1:18
T-74	CONDUIT	96.89	0	1:06
T-75	CONDUIT	27.93	0	1:07
T-76	CONDUIT	35.08	0	1:07
T-77	CONDUIT	41.92	0	1:09

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-78	CONDUIT	32.93	0	1:08
T-79	CONDUIT	81.60	0	1:10
T-80	CONDUIT	27.26	0	1:09
T-81	CONDUIT	116.01	0	1:10
T-82	CONDUIT	123.18	0	1:11
T-83	CONDUIT	130.06	0	1:12
T-84	CONDUIT	136.91	0	1:12
T-85	CONDUIT	143.77	0	1:13
T-86	CONDUIT	150.79	0	1:14
T-87	CONDUIT	64.99	0	1:08
T-88	CONDUIT	71.64	0	1:09
T-89	CONDUIT	64.92	0	1:11
T-90	CONDUIT	13.62	0	1:08
T-91	CONDUIT	82.49	0	1:15
T-92	CONDUIT	102.61	0	1:14
T-93	CONDUIT	71.94	0	1:13
T-94	CONDUIT	20.73	0	1:18
T-95	CONDUIT	58.37	0	1:04
T-96	CONDUIT	71.48	0	1:08
T-97	CONDUIT	147.06	0	1:21
T-98	CONDUIT	74.20	0	1:17
T-100	CONDUIT	65.58	0	1:19
T-101	CONDUIT	58.42	0	1:17
T-102	CONDUIT	51.42	0	1:15
T-103	CONDUIT	145.46	0	1:15
T-104	CONDUIT	101.02	0	1:16
T-105	CONDUIT	44.73	0	1:06
T-106	CONDUIT	23.62	0	1:06
T-107	CONDUIT	48.50	0	1:07
T-108	CONDUIT	45.88	0	1:08
T-109	CONDUIT	40.32	0	1:08
T-110	CONDUIT	65.38	0	1:09
T-111	CONDUIT	74.52	0	1:11
T-112	CONDUIT	146.09	0	1:12
T-113	CONDUIT	85.39	0	1:05
T-114	CONDUIT	168.87	0	1:12
T-115	CONDUIT	43.13	0	1:02
T-116	CONDUIT	68.20	0	1:04

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-117	CONDUIT	77.10	0	1:05
T-118	CONDUIT	39.06	0	1:05
T-119	CONDUIT	95.66	0	1:05
T-120	CONDUIT	50.63	0	1:05
T-121	CONDUIT	47.67	0	1:07
T-122	CONDUIT	51.74	0	1:06
T-123	CONDUIT	20.19	0	1:06
T-124	CONDUIT	34.33	0	1:08
T-125	CONDUIT	38.43	0	1:06
T-126	CONDUIT	70.31	0	1:07
T-127	CONDUIT	110.80	0	1:10
T-128	CONDUIT	76.76	0	1:11
T-129	CONDUIT	21.91	0	1:10
T-130	CONDUIT	154.38	0	1:06
T-131	CONDUIT	99.97	0	1:10
T-132	CONDUIT	226.38	0	1:10
T-133	CONDUIT	75.41	0	1:04
T-135	CONDUIT	35.82	0	1:09
T-136	CONDUIT	20.88	0	1:10
T-137	CONDUIT	77.35	0	1:09
T-138	CONDUIT	14.41	0	0:26
T-139	CONDUIT	33.37	0	0:23
T-140	CONDUIT	85.93	0	1:05
T-141	CONDUIT	21.76	0	1:07
T-142	CONDUIT	47.32	0	1:07
T-143	CONDUIT	39.99	0	1:08
T-144	CONDUIT	100.33	0	1:08
T-145	CONDUIT	69.54	0	1:09
T-146	CONDUIT	81.85	0	1:09
T-147	CONDUIT	80.00	0	1:06
T-148	CONDUIT	121.29	0	1:06
T-149	CONDUIT	160.11	0	1:07
136	CONDUIT	49.27	0	1:06
T-151	CONDUIT	33.49	0	1:08
T-154	CONDUIT	22.15	0	1:08
T-156	CONDUIT	29.34	0	1:09
T-152	CONDUIT	99.68	0	1:08
T-158	CONDUIT	53.71	0	1:10

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-159	CONDUIT	61.24	0	1:12
T-160	CONDUIT	157.35	0	1:12
T-161	CONDUIT	226.93	0	1:14
T-162	CONDUIT	35.19	0	1:07
T-163	CONDUIT	271.47	0	1:14
T-164	CONDUIT	302.86	0	1:10
T-165	CONDUIT	579.75	0	1:15
T-166	CONDUIT	108.56	0	1:23
T-167	CONDUIT	942.77	0	1:17
T-168	CONDUIT	105.77	0	1:12
T-169	CONDUIT	1066.26	0	1:18
T-170	CONDUIT	253.29	0	1:18
T-171	CONDUIT	1344.01	0	1:19
T-172	CONDUIT	207.81	0	1:20
T-173	CONDUIT	1576.57	0	1:20
T-174	CONDUIT	487.45	0	1:15
1	CONDUIT	2092.06	0	1:21
2	CONDUIT	137.62	0	1:12
3	CONDUIT	244.89	0	1:24
5	CONDUIT	28.14	0	1:22
6	CONDUIT	88.55	0	1:21
7	CONDUIT	25.00	0	1:08
8	CONDUIT	28.62	0	1:06
9	CONDUIT	10.55	0	1:07

Tabla 17. Resultados de los gastos en los tuberías para la red de alcantarillado sanitaria y pluvial.

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral LPS	Gasto Máximo Total LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-1	JUNCTION	150.12	150.12	0	1:05
P-10	JUNCTION	0.00	90.34	0	1:09
P-100	JUNCTION	0.00	21.17	0	1:13
P-101	JUNCTION	0.00	20.93	0	1:14
P-104	JUNCTION	0.00	48.00	0	1:15
P-105	JUNCTION	0.00	58.01	0	1:13
P-105'	JUNCTION	0.00	57.75	0	1:14
P-108	JUNCTION	0.00	37.27	0	1:06
P-109	JUNCTION	0.00	60.01	0	1:07
P-11	JUNCTION	0.00	134.43	0	1:10
P-111	JUNCTION	0.00	55.95	0	1:08
P-113	JUNCTION	0.00	104.90	0	1:10
P-115	JUNCTION	0.00	159.28	0	1:11
P-117	JUNCTION	0.00	129.90	0	1:07
P-119	JUNCTION	0.00	62.71	0	1:06
P-12	JUNCTION	0.00	152.24	0	1:12
P-120	JUNCTION	0.00	252.50	0	1:09
P-121	JUNCTION	0.00	221.73	0	1:07
P-122	JUNCTION	142.06	212.28	0	1:05
P-123	JUNCTION	0.00	119.55	0	1:09
P-124	JUNCTION	0.00	58.54	0	1:07
P-125	JUNCTION	0.00	92.06	0	1:06
P-126	JUNCTION	0.00	74.89	0	1:05
P-127	JUNCTION	166.22	166.22	0	1:05
P-129	JUNCTION	0.00	90.62	0	1:05
P-13	JUNCTION	140.03	140.03	0	1:05
P-131	JUNCTION	0.00	35.04	0	1:06
P-133	JUNCTION	0.00	85.10	0	1:07
P-136	JUNCTION	0.00	403.54	0	1:14
P-138	JUNCTION	0.00	31.80	0	1:09
P-139	JUNCTION	0.00	96.64	0	1:11
P-14	JUNCTION	0.00	139.86	0	1:05
P-140	JUNCTION	0.00	29.94	0	1:05
P-141	JUNCTION	0.00	163.28	0	1:14
P-145	JUNCTION	27.82	27.82	0	0:23
P-146	JUNCTION	0.00	136.86	0	1:13
P-148	JUNCTION	0.00	79.35	0	1:06
P-149	JUNCTION	0.00	65.72	0	1:07

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral LPS	Gasto Máximo Total LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-15	JUNCTION	0.00	21.04	0	1:06
P-151	JUNCTION	0.00	123.85	0	1:09
P-153	JUNCTION	0.00	100.10	0	1:02
P-155	JUNCTION	160.62	160.62	0	1:05
P-156	JUNCTION	0.00	186.80	0	1:06
P-158	JUNCTION	0.00	169.06	0	1:07
P-159	JUNCTION	167.72	167.72	0	1:05
P-16	JUNCTION	0.00	20.13	0	1:07
P-160	JUNCTION	0.00	55.09	0	1:06
P-164	JUNCTION	0.00	21.40	0	1:08
P-167	JUNCTION	0.00	98.69	0	1:09
P-168	JUNCTION	0.00	54.12	0	1:12
P-169	JUNCTION	0.00	523.30	0	1:18
P-17	JUNCTION	0.00	19.95	0	1:09
P-170	JUNCTION	0.00	592.57	0	1:19
P-171	JUNCTION	0.00	706.94	0	1:20
P-172	JUNCTION	0.00	775.75	0	1:21
P-173	JUNCTION	0.00	1067.50	0	1:21
P-18	JUNCTION	0.00	19.68	0	1:09
P-19	JUNCTION	0.00	19.50	0	1:19
P-2	JUNCTION	0.00	44.84	0	1:09
P-21	JUNCTION	0.00	151.19	0	1:14
P-22	JUNCTION	0.00	150.07	0	1:14
P-23	JUNCTION	0.00	148.42	0	1:17
P-24	JUNCTION	169.11	297.43	0	1:12
P-26	JUNCTION	0.00	299.72	0	1:14
P-29	JUNCTION	0.00	117.91	0	1:07
P-3	JUNCTION	0.00	134.54	0	1:10
P-30	JUNCTION	0.00	117.11	0	1:09
P-31	JUNCTION	0.00	22.16	0	1:08
P-32	JUNCTION	0.00	22.03	0	1:08
P-33	JUNCTION	0.00	21.91	0	1:14
P-34	JUNCTION	0.00	21.97	0	1:15
P-35	JUNCTION	0.00	103.02	0	1:11
P-36	JUNCTION	0.00	103.01	0	1:12
P-38	JUNCTION	0.00	60.36	0	1:13
P-4	JUNCTION	0.00	60.87	0	1:05
P-40	JUNCTION	0.00	21.08	0	1:15

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral LPS	Gasto Máximo Total LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-42	JUNCTION	0.00	70.16	0	1:20
P-45	JUNCTION	0.00	7.49	0	1:08
P-47	JUNCTION	0.00	7.31	0	1:12
P-49	JUNCTION	0.00	15.62	0	1:11
P-5	JUNCTION	0.00	72.57	0	1:05
P-51	JUNCTION	0.00	5.40	0	1:13
P-52	JUNCTION	0.00	28.76	0	1:14
P-53	JUNCTION	0.00	28.72	0	1:15
P-55	JUNCTION	0.00	56.82	0	1:15
P-56	JUNCTION	0.00	121.45	0	1:20
P-57	JUNCTION	0.00	172.61	0	1:21
P-6	JUNCTION	0.00	88.83	0	1:05
P-60	JUNCTION	57.67	57.67	0	1:05
P-61	JUNCTION	0.00	57.32	0	1:05
P-62	JUNCTION	0.00	56.74	0	1:06
P-63	JUNCTION	0.00	69.65	0	1:07
P-64	JUNCTION	0.00	29.01	0	1:11
P-65	JUNCTION	0.00	56.50	0	1:15
P-66	JUNCTION	0.00	103.65	0	1:21
P-67	JUNCTION	0.00	121.49	0	1:18
P-68	JUNCTION	90.19	90.19	0	1:05
P-7	JUNCTION	0.00	27.44	0	1:06
P-70	JUNCTION	0.00	36.61	0	1:18
P-71	JUNCTION	0.00	45.82	0	1:16
P-75	JUNCTION	0.00	36.39	0	1:18
P-76	JUNCTION	0.00	48.46	0	1:21
P-78	JUNCTION	0.00	20.12	0	1:07
P-79	JUNCTION	0.00	20.05	0	1:07
P-8	JUNCTION	0.00	32.10	0	1:05
P-80	JUNCTION	0.00	44.24	0	1:09
P-82	JUNCTION	0.00	53.18	0	1:10
P-84	JUNCTION	0.00	53.12	0	1:11
P-85	JUNCTION	0.00	53.08	0	1:12
P-86	JUNCTION	0.00	52.76	0	1:13
P-87	JUNCTION	0.00	52.51	0	1:14
P-88	JUNCTION	0.00	52.22	0	1:15
P-89	JUNCTION	0.00	52.07	0	1:16
P-9'	JUNCTION	0.00	30.29	0	1:09

GASTOS					
Pozo	Tipo	Gasto Máximo Lateral LPS	Gasto Máximo Total LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
				días	hr:min
P-90	JUNCTION	0.00	42.81	0	1:14
P-91	JUNCTION	0.00	89.22	0	1:16
P-92	JUNCTION	0.00	98.59	0	1:14
P-93	JUNCTION	0.00	90.05	0	1:14
P-94	JUNCTION	0.00	44.28	0	1:27
P-95	JUNCTION	0.00	22.54	0	1:07
P-96	JUNCTION	0.00	12.69	0	1:07
P-97	JUNCTION	0.00	23.23	0	1:06
P-98	JUNCTION	0.00	68.42	0	1:09
P-99	JUNCTION	0.00	44.82	0	1:11
1	OUTFALL	0.00	1062.35	0	1:24

Tabla 18. Resultados de los gastos en los pozos para la red de alcantarillado pluvial.

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-1	CONDUIT	88.83	0	1:05
T-2	CONDUIT	44.34	0	1:10
T-3	CONDUIT	33.21	0	1:05
T-4	CONDUIT	41.80	0	0:59
T-6	CONDUIT	19.49	0	1:07
T-7	CONDUIT	13.26	0	1:04
T-8	CONDUIT	30.29	0	1:09
T-9	CONDUIT	30.29	0	1:09
T-5	CONDUIT	64.19	0	0:59
T-10	CONDUIT	90.36	0	1:09
T-11	CONDUIT	134.43	0	1:10
T-12	CONDUIT	133.57	0	1:11
T-13	CONDUIT	139.86	0	1:05
T-14	CONDUIT	21.04	0	1:06
T-15	CONDUIT	20.13	0	1:07
T-16	CONDUIT	19.95	0	1:09
T-17	CONDUIT	19.68	0	1:09
T-18	CONDUIT	19.50	0	1:19
T-19	CONDUIT	19.87	0	1:20
T-20	CONDUIT	151.19	0	1:14
T-21	CONDUIT	150.07	0	1:14
T-22	CONDUIT	148.42	0	1:17
T-23	CONDUIT	147.85	0	1:20
T-24	CONDUIT	19.04	0	1:13
T-25	CONDUIT	297.16	0	1:14
T-26	CONDUIT	2.58	0	1:16
T-27	CONDUIT	117.91	0	1:07
T-28	CONDUIT	117.11	0	1:09
T-29	CONDUIT	13.25	0	1:11
T-30	CONDUIT	22.16	0	1:08
T-31	CONDUIT	22.03	0	1:08
T-32	CONDUIT	21.91	0	1:14
T-33	CONDUIT	21.97	0	1:15
T-34	CONDUIT	22.06	0	1:16
T-35	CONDUIT	81.30	0	1:11
T-36	CONDUIT	103.01	0	1:12
T-37	CONDUIT	23.44	0	1:13
T-38	CONDUIT	60.36	0	1:13

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-39	CONDUIT	39.12	0	1:14
T-40	CONDUIT	21.08	0	1:15
T-41	CONDUIT	4.73	0	1:16
T-42	CONDUIT	13.70	0	1:16
T-43	CONDUIT	57.04	0	1:22
T-44	CONDUIT	60.87	0	1:05
T-46	CONDUIT	7.31	0	1:12
T-47	CONDUIT	4.85	0	1:14
T-48	CONDUIT	2.40	0	1:14
T-49	CONDUIT	10.14	0	1:13
T-50	CONDUIT	5.40	0	1:13
T-51	CONDUIT	5.36	0	1:16
T-52	CONDUIT	28.72	0	1:15
T-53	CONDUIT	10.98	0	1:16
T-54	CONDUIT	17.73	0	1:16
T-55	CONDUIT	56.64	0	1:17
T-56	CONDUIT	60.93	0	1:22
T-57	CONDUIT	121.38	0	1:21
T-58	CONDUIT	51.34	0	1:19
T-59	CONDUIT	57.32	0	1:05
T-60	CONDUIT	56.74	0	1:06
T-61	CONDUIT	56.42	0	1:06
T-62	CONDUIT	29.01	0	1:11
T-63	CONDUIT	37.56	0	1:11
T-64	CONDUIT	9.08	0	1:19
T-65	CONDUIT	55.76	0	1:18
T-66	CONDUIT	27.86	0	1:13
T-67	CONDUIT	18.22	0	1:18
T-68	CONDUIT	36.61	0	1:18
T-69	CONDUIT	36.39	0	1:18
T-70	CONDUIT	36.21	0	1:20
T-71	CONDUIT	12.64	0	1:25
T-72	CONDUIT	48.42	0	1:22
T-73	CONDUIT	42.61	0	1:22
T-74	CONDUIT	90.20	0	1:05
T-75	CONDUIT	20.12	0	1:07
T-76	CONDUIT	20.05	0	1:07
T-77	CONDUIT	19.55	0	1:10

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-78	CONDUIT	24.83	0	1:08
T-79	CONDUIT	43.73	0	1:11
T-80	CONDUIT	9.50	0	1:09
T-81	CONDUIT	53.12	0	1:11
T-82	CONDUIT	53.08	0	1:12
T-83	CONDUIT	52.76	0	1:13
T-84	CONDUIT	52.51	0	1:14
T-85	CONDUIT	52.22	0	1:15
T-86	CONDUIT	52.07	0	1:16
T-87	CONDUIT	58.01	0	1:13
T-88	CONDUIT	57.75	0	1:14
T-89	CONDUIT	48.00	0	1:15
T-90	CONDUIT	9.40	0	1:08
T-91	CONDUIT	33.88	0	1:14
T-92	CONDUIT	41.96	0	1:15
T-93	CONDUIT	47.31	0	1:16
T-94	CONDUIT	12.69	0	1:07
T-95	CONDUIT	14.49	0	1:07
T-96	CONDUIT	23.23	0	1:06
T-97	CONDUIT	26.63	0	0:58
T-98	CONDUIT	44.82	0	1:11
T-100	CONDUIT	21.17	0	1:13
T-101	CONDUIT	20.93	0	1:14
T-102	CONDUIT	20.42	0	1:14
T-103	CONDUIT	78.17	0	1:14
T-104	CONDUIT	90.05	0	1:14
T-105	CONDUIT	37.27	0	1:06
T-106	CONDUIT	16.76	0	1:07
T-107	CONDUIT	43.25	0	1:07
T-108	CONDUIT	34.60	0	1:08
T-109	CONDUIT	21.35	0	1:08
T-110	CONDUIT	45.83	0	1:09
T-111	CONDUIT	59.08	0	1:10
T-112	CONDUIT	102.85	0	1:12
T-113	CONDUIT	60.73	0	1:05
T-114	CONDUIT	100.07	0	1:11
T-115	CONDUIT	33.41	0	1:05
T-116	CONDUIT	62.71	0	1:06

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-117	CONDUIT	74.89	0	1:05
T-118	CONDUIT	37.06	0	1:05
T-119	CONDUIT	90.62	0	1:05
T-120	CONDUIT	55.01	0	1:06
T-121	CONDUIT	47.84	0	1:07
T-122	CONDUIT	35.04	0	1:06
T-123	CONDUIT	10.70	0	1:07
T-124	CONDUIT	36.68	0	1:08
T-125	CONDUIT	24.09	0	1:07
T-126	CONDUIT	61.02	0	1:07
T-127	CONDUIT	83.07	0	1:09
T-128	CONDUIT	59.78	0	1:10
T-129	CONDUIT	16.15	0	1:10
T-130	CONDUIT	149.88	0	1:05
T-131	CONDUIT	80.01	0	1:12
T-132	CONDUIT	191.78	0	1:09
T-133	CONDUIT	62.71	0	1:06
T-135	CONDUIT	31.80	0	1:09
T-136	CONDUIT	15.39	0	1:10
T-137	CONDUIT	81.27	0	1:11
T-138	CONDUIT	16.36	0	1:13
T-139	CONDUIT	25.88	0	0:23
T-140	CONDUIT	79.35	0	1:06
T-141	CONDUIT	17.37	0	1:07
T-142	CONDUIT	48.35	0	1:07
T-143	CONDUIT	33.47	0	1:09
T-144	CONDUIT	90.40	0	1:09
T-145	CONDUIT	53.35	0	1:02
T-146	CONDUIT	46.75	0	1:02
T-147	CONDUIT	78.87	0	1:06
T-148	CONDUIT	107.93	0	1:06
T-149	CONDUIT	136.59	0	1:07
136	CONDUIT	55.09	0	1:06
T-151	CONDUIT	32.52	0	1:08
T-154	CONDUIT	21.40	0	1:08
T-156	CONDUIT	21.37	0	1:09
T-152	CONDUIT	77.32	0	1:09
T-158	CONDUIT	54.12	0	1:12

GASTOS EN TUBERÍAS				
Tramo	Tipo	Gasto Máximo LPS	Tiempo Máximo de Ocurrencia	
			días	hr:min
T-159	CONDUIT	53.37	0	1:13
T-160	CONDUIT	83.70	0	1:11
T-161	CONDUIT	136.48	0	1:15
T-162	CONDUIT	28.35	0	1:09
T-163	CONDUIT	162.72	0	1:15
T-164	CONDUIT	244.11	0	1:09
T-165	CONDUIT	397.39	0	1:17
T-166	CONDUIT	87.64	0	1:28
T-167	CONDUIT	522.41	0	1:19
T-168	CONDUIT	70.19	0	1:15
T-169	CONDUIT	592.37	0	1:19
T-170	CONDUIT	115.33	0	1:22
T-171	CONDUIT	705.94	0	1:21
T-172	CONDUIT	69.86	0	1:22
T-173	CONDUIT	774.95	0	1:22
T-174	CONDUIT	299.43	0	1:15
1	CONDUIT	1062.35	0	1:24
2	CONDUIT	68.42	0	1:09
3	CONDUIT	44.28	0	1:27
5	CONDUIT	9.12	0	1:01
6	CONDUIT	21.83	0	1:15
7	CONDUIT	44.84	0	1:09
8	CONDUIT	27.44	0	1:06
9	CONDUIT	7.49	0	1:08

Tabla 19. Resultados de los gastos en las tuberías para la red de alcantarillado pluvial.

Para conocer la actuación de cada uno de los modelos, se han estudiado alternativas diferentes, variando los diámetros y pendientes analizando su influencia en los resultados calculados.

En particular, la modelación realizada con EPA SWMM 5.0 considera la solución en los términos inerciales en la ecuación de cantidad de movimiento.

También se considera la incorporación de varios nodos intermedios, de tal manera de poder estudiar y analizar los cambios de la elevación del agua en toda la longitud del conducto.

De los análisis de las simulaciones nos podemos dar cuenta que la red puede soportar un gasto de 2092.06 LPS y todos los tramos de las tuberías trabajan a flujo libre aún en los tiempos donde el gasto por la lluvia aumenta, y los diámetros varían entre 0.30 m a 1.00 m

8 CONCLUSIONES.

Como parte del estudio se realiza una serie de conclusiones en base al diseño de la red, se hicieron una gran cantidad de simulaciones cambiando los diámetros para así poder elegir los diámetros que cumplan satisfactoriamente las condiciones necesarias para el buen funcionamiento de la red. El programa SWMM 5.0 aporta una gran cantidad de parámetros los cuales son benéficos para las simulaciones ya que no solo toma en cuenta los cálculos hidráulicos sino también las características de las cuencas, suelos y la distribución de la lluvia.

En los dos tipos de simulación para la red de drenaje pluvial y la red de drenaje sanitaria y pluvial, se apreció que el caudal se incrementa en la temporada de lluvia y si estas son extremas se debe tener especial cuidado así que esta red fue diseñada para soportar esa gran cantidad de volumen de agua.

La ausencia de un sistema de alcantarillado sanitario y pluvial en la zona urbana de Chucándiro provoca contaminación y la aparición de enfermedades en su mayoría gastrointestinales, por lo que la construcción de este sistema es preciso realizarlo de manera breve, ya que se pretende disminuir los índices de enfermedades endémicas y proporcionar un mejoramiento en la calidad de vida de los habitantes y la inundación de esta misma zona urbana.

A mi criterio recomiendo que la red de drenaje pluvial este separada de la red de drenaje sanitaria, ya que la recuperación del volumen pluvial es ecológicamente como económicamente beneficioso ya que se le pueda dar otras aplicaciones como almacenarla para después darle uso para riego.

9 BIBLIOGRAFÍA.

1. Moreno M. E. et. al., 2008. Implementación de un Modelo Lluvia – Escorrentía en el programa “ALCANTARILLADOS”. XVIII Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Sociedad Colombiana de Ingenieros Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
2. Aparicio F. J., 1992. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. LIMUSA.
3. U. P. C., 1992. Curso de análisis y rehabilitación de redes de alcantarillado mediante el código SWMM 5.0
4. U. P. V., 1993. Curso de Nuevas Tecnologías aplicadas al Diseño y Renovación de Alcantarillados Urbanos.
5. U. P. V., 1993. Curso de Hidrología Urbana.
6. Martínez E., 2005. Hidrología Práctica.
7. Campos D. F., 2010. Introducción a la Hidrología Urbana.
8. Campos D. F., 1998. Procesos del Ciclo Hidrológico. Ed. Universitaria Potosina.