



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA
Y ARQUITECTURA UNIDAD ZACATENCO**

**SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO**



**“SISTEMA PARA CONTROLAR Y GESTIONAR REDES
DE AGUA POTABLE EN PEQUEÑAS LOCALIDADES”**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN HIDRÁULICA**

P R E S E N T A:

JESÚS CHIRINO GALINDO

DIRECTORES DE TESIS:

M. en C. BRUNO ARTURO JUAREZ LEON

M. en C. LUCIO FRAGOSO SANDOVAL

MÉXICO D. F.

NOVIEMBRE DE 2010.



SIP-14-BIS

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México D. F. siendo las 17:00 horas del día 05 del mes de noviembre del 2010 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E.S.I.A.-U.Z. para examinar la tesis titulada:
Sistema para Controlar y Gestionar Redes de Agua Potable en pequeñas localidades

Presentada por el alumno:

Chirino Galindo Jesús
Apellido paterno Apellido materno Nombre(s)
Con registro:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| B | 9 | 9 | 1 | 4 | 6 | 4 |
|---|---|---|---|---|---|---|

aspirante de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HIDRÁULICA

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Directores de tesis

M. en C. Lucio Fragozo Sandoval

M. en C. Arturo Bruno Juárez León

Dr. Juan Manuel Navarro Pineda

Dr. Mario Ulloa Ramírez

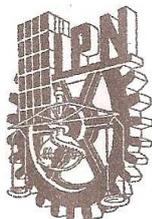
M. en C. Jaime Roberto Ruiz y Zurvia Flores

PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES

M. en C. Pino Durán Escamilla



SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESION DE DERECHOS

En la Ciudad de México D. F., el día 10 del mes de Noviembre del año 2010, el que suscribe Jesús Chirino Galindo, alumno del Programa de Maestría en Ciencias en Hidráulica con número de registro B991464, adscrito a ESIA Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del M. C. Bruno Arturo Juarez León y codirección del M. C. Lucio Fragoso Sandoval y cede los derechos del trabajo titulado "Sistema para controlar y gestionar redes de agua potable en pequeñas localidades" al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección Calle Jesús García # 19, primera sección, Planta de Impregnación de Maderas, Juchitán de Zaragoza Oaxaca o al correo electrónico juchg@1993yahoo.com.mx. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Jesús Chirino Galindo.
Nombre y firma

SISTEMA PARA CONTROLAR Y GESTIONAR REDES DE AGUA POTABLE EN PEQUEÑAS LOCALIDADES.

| ÍNDICE | PAG. |
|---|------|
| RESUMEN | i |
| ABSTRACT | ii |
| 1. INTRODUCCIÓN. | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL | 4 |
| 2. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE. | 6 |
| 2.1. DISEÑO Y ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS | 7 |
| 2.1.1 ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE | 11 |
| 2.1.1.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE | 11 |
| 2.1.1.2. CONDUCCIÓN | 33 |
| 2.1.1.3. TANQUE DE REGULACIÓN | 39 |
| 2.1.1.4. RED DE DISTRIBUCIÓN | 42 |
| 2.1.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA | 48 |
| 2.1.2.1. ANTECEDENTES | 49 |
| 2.1.2.2. DEFINICIÓN | 50 |
| 2.1.2.3. COMPONENTES DE UN SIG | 50 |
| 2.1.2.4. IMPORTANCIA DE LOS SIG | 52 |
| 2.1.2.5. CONSTRUCCIÓN DE UN SIG | 53 |
| 2.1.2.6. ANALISIS DE LOS SIG | 55 |
| 2.1.2.7. LOS DATOS GEOGRÁFICOS | 56 |
| 2.1.2.8. MEDICIÓN DE LA INFORMACIÓN TEMÁTICA | 60 |
| 2.1.2.9. TIPOS DE UNIDADES DE OBSERVACIÓN: DIMENSIONES TOPOLÓGICAS DE LOS OBJETOS GEOGRAFICOS | 62 |
| 2.1.2.10. REPRESENTACIÓN VECTORIAL DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL | 67 |
| 2.1.2.11. REPRESENTACIÓN RASTER DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL | 68 |
| 2.1.2.12. COMPONENTES FÍSICOS (HARDWARE) Y LÓGICOS (SOFTWARE)- DE UN SIG | 70 |
| 2.1.2.13. COMPONENTES FÍSICOS, EL HARDWARE, EL CPU Y EL MICRO- PROCESADOR | 72 |
| 2.1.2.14. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA VECTORIALES Y - RASTER | 75 |
| 2.1.2.15. APLICACIONES DE LOS SIG | 79 |
| 2.1.3 ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS | 83 |
| 2.1.3.1. ENTIDAD LINEAL | 85 |
| 2.1.3.2. ENTIDAD PUNTUAL | 86 |
| 2.1.3.3. ENTIDAD SUPERFICIAL | 87 |
| 2.2. FORMATO DE DATOS | 88 |
| 2.2.1 ALFANUMERICOS | 88 |
| 2.2.2 VECTORIALES | 89 |
| 2.3. ELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO | 91 |
| 2.3.1. ARC VIEW GIS 3.2a | 92 |
| 2.3.2. EPANET | 99 |
| 2.3.2.1. INGRESO DE LA RED DE AGUA POTABLE A EPANET 2.0 | 104 |
| 2.3.2.2. CONFIGURACIÓN REAL DE LA RED DE AGUA POTABLE | 108 |
| 2.3.2.2.1. ANÁLISIS EN REGIMEN PERMANENTE | 112 |

| | | |
|-----------|--|-----|
| 2.3.2.2.2 | ANÁLISIS EN PERIODO EXTENDIDO | 114 |
| 2.3.2.3. | SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA | 125 |
| 2.3.2.4. | PRESENTACIÓN DE RESULTADOS | 135 |
| 2.3.3. | EXCEL | 136 |
| 2.4 | OBTENCION, DEPURACION E INGRESO DE DATOS AL SISTEMA | 138 |
| 2.4.1 | DATOS DEL MEDIO FÍSICO DE LA LOCALIDAD | 138 |
| 2.4.2 | DATOS DE LA RED DE AGUA POTABLE | 141 |
| 2.4.3 | DATOS PARA LA GESTIÓN DE LA RED DE AGUA POTABLE | 145 |
| 3. | APLICACIÓN DEL SISTEMA A UN FRACCIONAMIENTO | 147 |
| 3.1. | INFORMACIÓN BÁSICA | 154 |
| 3.1.1. | LEVANTAMIENTOS DE CAMPO | 155 |
| 3.1.2. | PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN | 156 |
| 3.1.3. | DESARROLLO | 156 |
| 3.1.4. | PRUEBAS | 156 |
| 3.2 | ESTABLECIMIENTO DE ESCENARIOS | 157 |
| 3.2.1. | PRIMER CASO: BOMBA SIN OPERAR Y VÁLVULA CERRADA | 157 |
| 3.2.1.1. | CONCLUSIÓN PRIMER CASO | 165 |
| 3.2.2. | SEGUNDO CASO: BOMBA SIN FUNCIONAR Y VÁLVULA ABIERTA | 166 |
| 3.2.2.1. | CONCLUSIÓN SEGUNDO CASO | 170 |
| 3.2.3. | TERCER CASO: BOMBA EN FUNCIONAMIENTO Y VÁLVULA CERRADA | 171 |
| 3.2.3.1. | CONCLUSIÓN TERCER CASO | 179 |
| 3.2.4. | CUARTO CASO: BOMBA FUNCIONANDO Y VÁLVULA ABIERTA | 180 |
| 3.2.4.1. | CONCLUSIÓN CUARTO CASO | 185 |
| 3.3 | RESULTADOS | 186 |
| | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 187 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 191 |
| | ANEXOS. | 193 |
| A).- | CREANDO UN NUEVO PROYECTO EN ARC VIEW. | 194 |
| B).- | ALGORITMO DE CALCULO HIDRÁULICO PARA LA RESOLUCIÓN DE REDES DE TUBERÍAS EN EL SISTEMA DE EPANET. | 209 |
| C).- | DATOS DE INSPECCION DE AGUA POTABLE | 214 |
| D).- | DESCRIPCION DE ALGUNOS PROGRAMAS COMERCIALES PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCION | 215 |
| E).- | FORMATOS DE INSPECCION DE AGUA POTABLE | 223 |
| | INDICE DE TABLAS | 227 |
| | INDICE DE PLANOS | 227 |
| | INDICE DE FIGURAS | 228 |

RESUMEN

La presente tesis se desarrolla un sistema de información geográfica (SIG), para la administración de la información espacial y no espacial, relacionada con la operación de una red de distribución de agua potable, la cual nos permitiría gestionar, evaluar y distribuir agua de buena calidad; además de automatizar el sistema para poder implementar y desarrollar en un futuro mecanismos que nos permitan tener a la vanguardia tecnológica, nuestro sistema de agua.

Por medio del software Arc view se desarrolla un sistema de información geográfica, que es aplicado a dos unidades habitacionales de la localidad de Tehuacan Puebla, en el cual por medio de botones y herramientas permiten al usuario visualizar y efectuar operaciones con la información de la base de datos generada del SIG.

La información almacenada del SIG permite ser visualizada y analizada a través de consultas geográficas y de atributos, con la posibilidad de realizar mapas temáticos y modelos temporales e integrar en un futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante relacionada con la base de datos original.

Los cálculos hidráulicos son procesados por medio del software Epanet; se presentan cuatro casos de cálculo hidráulico de la red de distribución de agua, en los que se abordan cada uno por separado, obteniendo resultados confiables.

ABSTRACT

In this thesis is developing a geographic information system (GIS), for administration of spatial and no spatial information, related with the operation of potable water supply distribution Net, that let us manage, evaluate and distribute water of good quality; moreover of automating the system in order of implementing and developing in the next future a mechanism that let us to have a the technological vanguard, to our water system.

Through of the software Arc view is developing a geographic information system, that was applied in two housing estate of the Tehuacan town, in Puebla State; in which by buttons and tools let to the user visualize and carry out operations with the information of the data base generated by the GIS.

The information stored in the GIS could be visualized and analyzed through geographical and attributes consultations, with the possibility of to realize thematic maps and temporary models and to integrate in the future another kind of complementary information that was considered relevant and that it be related with the original data base.

The hydraulics calculus was processed through EPANET software; four cases of hydraulics calculus of the water distribution net are presented, theses were processed one by one, getting fine results.

.....

INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN.

Como se sabe hoy en día, la problemática de disponer y suministrar de agua potable a las localidades en la republica mexicana, es cada vez, un reto para la ingeniería hidráulica en nuestro país, por ello las normas de que disponen los organismos operadores de agua son cada vez más estrictas; es debido a esto y a la gran problemática que ocasiona la fuga del vital líquido por las tuberías, en sistemas existentes, además de su alto costo de extracción y distribución, que se tiene que tener cada vez más un mejor control de los sistemas de agua disponibles en nuestro país.

Se sabe que el agua es vital para cualquier país, en vías de desarrollo o no, de ahí que una buena explotación, control, gestión, distribución en la sociedad trae como beneficio la prosperidad, salud y bienestar social, así como la buena interacción sociedad medio ambiente.

En este nuevo siglo la concentración de la población en núcleos cada vez mayores trae consigo la necesidad de llevar hasta ellos los servicios que se requieren como son el abastecimiento de agua potable y el alcantarillado. Los diagnósticos en sistemas de agua potable en funcionamiento nos proporcionan las características más importantes, como son; sus deficiencias y los requerimientos de rehabilitación, sustitución o expansión. Así como planteamientos de alternativas de desarrollo para las posibles áreas de crecimiento inmediato y el poder programar en un futuro las zonas consideradas de rápido desarrollo, son prioridades que en el presente se tienen que desarrollar de forma inmediata.

La **Hipótesis** de la presente tesis, es que por medio de un sistema de información geográfica, aplicado a una red de agua potable que suministra el servicio a las unidades habitacionales de Bellavista y Nueva España, localizadas en la ciudad de Tehuacan Puebla, se mejora la operación y la gestión del Sistema de agua.

Donde el **objetivo** de la tesis, es el diseño de un sistema de información geográfica de la red de agua potable delimitando sus alcances del mismo a dos unidades habitacionales.

Hoy en la actualidad, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) están llamados a ser en un futuro cercano, los sistemas de gestión de toda la información relacionada con la operación de las redes de suministro de agua potable. La unión de la información alfanumérica con la información eográfica dentro de un SIG permite llevar a cabo un

buen número de aplicaciones que van desde las tareas de inventario, obtención de planos, gestión de averías, gestión de la demanda, actuaciones de mantenimiento, etcétera.

Ahora bien, para que un proyecto de redes de agua potable pueda utilizarse con garantía para estos propósitos es necesario que sea confiable, lo que exige mantenerlo constantemente actualizado y calibrado.

Aunque en un SIG algunos elementos nunca se reflejarán en el proyecto, como válvulas de corte, ventosas, purgas, etc., en cambio puede faltar otro tipo de información relevante para los modelos como la rugosidad de las tuberías. Tampoco conviene reflejar en el proyecto del SIG todas las tuberías almacenadas, para evitar un exceso de información que pueda llegar a confundir posteriormente. Por otra parte, válvulas, bombas y otros elementos de regulación, representados de una forma simple en el SIG como elementos puntuales, resultan ser críticos para la elaboración del proyecto en desarrollo.

Entonces, si se dispone de los medios para elaborar un proyecto de red de agua potable siempre actualizado, éste podría incorporarse en un sistema SIG para auxiliar a los operadores en las tareas diarias de explotación de la red. En la presente tesis se **justifica** la funcionalidad de estas tecnologías y se abre un amplio margen de posibilidades de explotación de los SIG para un futuro, gracias a las interconexiones que se definen en el sistema de una red de tuberías.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El sistema de información geográfica se pretende aplicar a las colonias (unidades – habitacionales) de Bella Vista y Nueva España que se encuentran ubicadas en la Ciudad de Tehuacan Puebla, delimitando su alcance solo y exclusivamente a las colonias antes mencionadas.

Para la gestión de la red, se requiere contar con información exacta, que permita una vinculación entre los clientes y el sistema de tuberías. El funcionamiento de esta red debe ser capaz de abastecer a todos sus clientes con agua potable, y entregar un servicio adecuado y de calidad.

Dentro de la gestión, se encuentra planificar las posibles extensiones de la red, hacer mantenimiento a la misma, determinar el valor del activo fijo asociado a esta

infraestructura, determinar y proyectar las inversiones futuras en extensiones de la red, generar información para la proyección de la demanda de los clientes y para la regulación tarifaria, definir sectores de corte y otras tareas que se incorporen en el tiempo. El uso de tecnologías de información como el SIG (Sistema de Información Geográfica), o su siglas en inglés GIS (Geographic Information System), permite representar la realidad de manera visual, ayudar a mantener, generar y usar información mediante bases de datos para planificar y lograr un análisis temporal de las situaciones futuras.

1.2. PROBLEMÁTICA ACTUAL

Para manejar la información de esta infraestructura, nos basamos en planos diseñados en AutoCad, los cuales solo sirvieron para dar la ubicación referencial y caracterización de su infraestructura, pero no sirven para ser utilizado para la documentación de información ni generación de reportes.

La base de datos, solo muestra a los clientes con sus consumos, pero no les otorga ninguna ubicación geográfica, lo cual impide realizar un análisis más detallado por manzana o cuadra dentro de la colonia. Dentro de los planos tampoco se cuentan con la ubicación geográfica de sus clientes.

Los planos que se tienen en la localidad en estudio, no se encuentran georreferenciados, lo cual hace que las distancias y las consultas cartográficas no generen información exacta de la realidad. Para la gestión de este tipo de infraestructura, existe la necesidad de contar con herramientas modernas, como los SIG, que generen información exacta de manera que se tomen mejores decisiones. Este SIG no solo servirá para mostrar la información de manera exacta, rápida y confiable, sino que servirá como una herramienta de gestión dentro de los mecanismos operadores encargados en la localidad.

Para la construcción del SIG se requiere contar con planos georeferenciados y un modelo de datos acorde a la estructura de los planos para su futura unión e interacción.

**DESARROLLO DEL
SISTEMA DE CONTROL
Y GESTIÓN DE REDES
DE AGUA POTABLE**

2.0. DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL Y GESTIÓN DE REDES DE AGUA POTABLE

Para el desarrollo del sistema se definieron varios aspectos, como son las fronteras entre el sistema y el ambiente externo de nuestro proyecto.

Se identificaron nuestros alcances y delimitaciones, así como se establecieron parámetros en los cuales se definieron nuestros objetivos y expectativas.

Por lo tanto para el desarrollo de este sistema, se optó por establecer una metodología en la cual podemos retroalimentar nuestro sistema en las diferentes fases de su proceso, y a su vez también, tener un desarrollo sistemático específicamente para este proyecto.

Metodología utilizada a manera de esquema o diagrama de bloques (Figura 2.1)

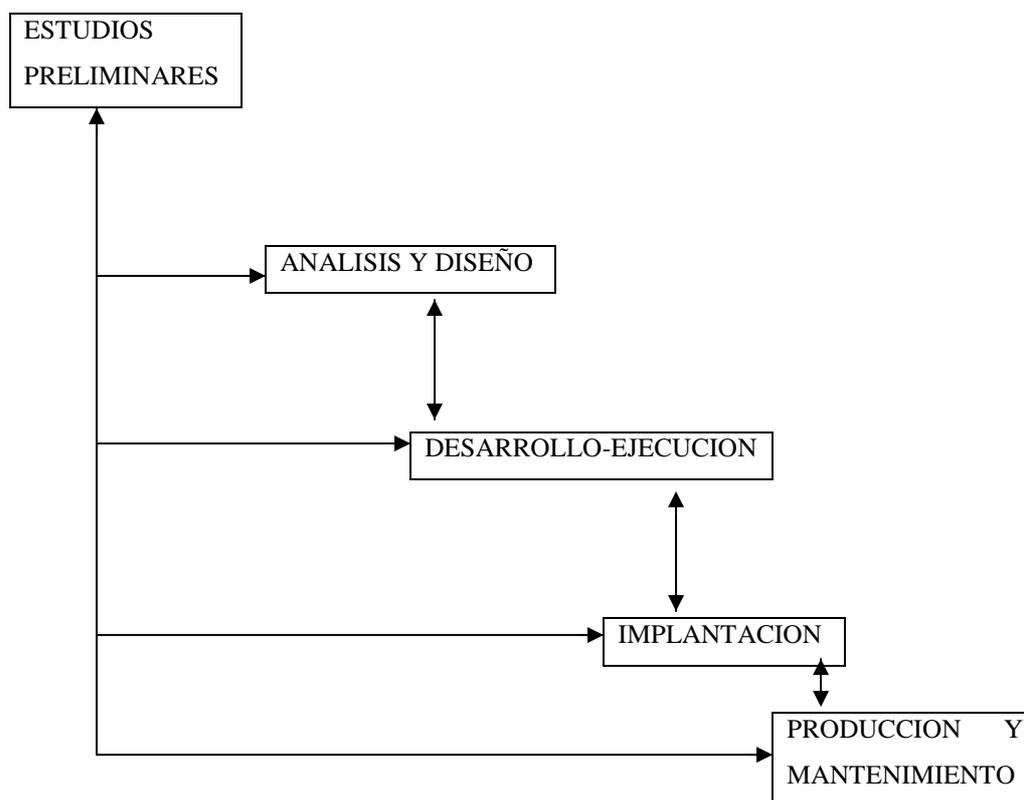


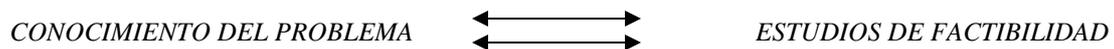
FIGURA 2.1 Metodología empleada

2.1. DISEÑO Y ESTABLECIMIENTOS DE REQUERIMIENTOS

Estudios preliminares.

Fue necesario reunirse con el personal del organismo operador encargado de la Red de Agua Potable, en la entidad a trabajar, con propósito de planear objetivamente el sistema, así como con los usuarios directos de la localidad, a fin de recabar el problema desde abajo y poder fundamentarlo profundamente. Todo lo anterior con el objetivo de definir el funcionamiento actual del sistema, y su factibilidad de rediseño, ejecución e implantación del nuevo sistema.

A manera de diagrama de bloques podemos describir el proceso como sigue, teniendo en cuenta que la retroalimentación entre los dos procesos es fundamental.



Conocimiento del problema

Es imprescindible disponer de información rápida y oportuna sobre las características, ubicación, estado de los componentes que conforman la red de agua potable, para determinar la viabilidad, proceso y ejecución del sistema. Esto con el propósito de comprender desde un inicio, todos los alcances por definir, así también como de sus delimitaciones del proyecto mismo.

Estudios de factibilidad

Para poder determinar si un sistema a implementarse es viable para llevarse a cabo, es necesario realizar estudios de factibilidad, en los cuales se analizan relaciones costo-beneficio del mismo.

La factibilidad técnica juega un papel fundamental en el desarrollo del sistema, ya que de no ser posible este proceso, no hay posibilidades de ejecución del mismo. Las negativas en este proceso pueden ser, desconocimiento de ciertas áreas de la ciencia involucradas en el desarrollo del sistema, en la cual no se tengan ideas claras, ni personal capacitado para poder llevarlas a cabo. Sin embargo una buena delimitación del sistema puede conducirnos a una buena planificación del proyecto, de ahí que

radique su importancia. Por otra parte, el factor económico es otro proceso, que si se estudia adecuadamente, nos permitirá la realización o cancelación del desarrollo del sistema, así como un buen estudio de mercado del proyecto nos dará un resultado muy razonable si lo ajustamos solo a las necesidades del mismo. Podemos decir entonces, que la factibilidad psico-social, nos brinda la oportunidad de conocer otras áreas de aprendizaje, que interactúan con nuestro medio; así podemos decir que, desarrollar y manejar la tecnología de un SIG, contribuirá a múltiples beneficios, que se pueden prestar a nuestra sociedad, hoy en día, y a la vez tener un control automatizado del proyecto.

Análisis y diseño

En esta fase se realiza la conceptualización del sistema, el estudio, la planificación y diseños básicos del mismo. En dicha fase se establecen las restricciones con las cuales delimitaríamos nuestro proyecto o sistema; enfocándonos solo y exclusivamente al área hidráulica.

Algunos conceptos de utilidad en este tipo de proyectos, se describen a continuación.

Sistema

Se plantea la gestión, ejecución, implementación y mantenimiento del sistema de red de agua potable, para mejorar la gestión de este importante servicio dentro de las unidades habitacionales de Bella vista y Nueva España.

Objetivos específicos

Investigar y aplicar formas de automatización, manejo y visualización de la información referida a los componentes de la red que son el objeto de este estudio.

Dotar a las Unidades habitacionales de Bella Vista y Nueva España de un sistema de red de agua potable de tal forma que les permita satisfacer las necesidades de actualización y organización de esta información para solventar problemas de toma de decisiones, planificación y mantenimiento de este servicio.

Diseño

Se realizaran los diseños conceptuales y lógicos del sistema, definiéndose la estructura básica y respetando el uso de Arc View como software base, por ser el programa que

mejor satisface los requerimientos necesarios, además de su buena relación de interfase con Epanet y con el desarrollo en general del proyecto.

Alcances

Contribuir a un inventario y geo-referenciación de los elementos que integran la red de agua potable de las unidades Bella Vista y Nueva España, que se encuentran ubicadas en la ciudad de Tehuacan Puebla, así como la automatización de toda la información relacionada. Así, los usuarios directos serán todos los beneficiarios del sistema y los indirectos, los que en un futuro contribuirán a implementar nuevas tecnologías siendo este proyecto base para su desarrollo.

Desarrollo y ejecución

Para esta fase se recopiló toda la información disponible, como planos existentes, la información básica de componentes, características y especificaciones, que nos permitieran definir los parámetros que se tomaron en cuenta en la siguiente actividad.

Implementación.

Será el organismo operador de agua el que se encargue de nuevas actualizaciones, siguiendo el mismo plan y metodología desarrollada en esta tesis.

Producción y mantenimiento.

Las actividades contempladas en esta fase, serán desarrolladas por los encargados de administrar la red, toda vez que contribuya a la mejora de la gestión de los inmuebles y servicios dentro del área de estudio. Este sistema permitirá disponer de información rápida y oportuna sobre las características y estado de los componentes que integran la red. La tecnología SIG nos brinda almacenamiento, análisis y producción de información georeferenciada, que deben ser aprovechadas por los diferentes organismos y administraciones responsables de tomar decisiones sobre el agua, en su entorno físico, social y económico.

RESUMEN DE REQUERIMIENTOS:

Se necesita contar con planos que muestren la ubicación de todos los elementos de la red que pertenecen a los conjuntos habitacionales, y una referencia que permita identificar su localización dentro de la ciudad. Estos planos deben ser georeferenciados, para poder determinar longitudes exactas de la red, y su ubicación real en las calles. Todos los elementos de red, ya sean primarios o secundarios, deben ser representados en los planos, de manera que puedan ser identificados plenamente mostrando su ubicación real exacta, es decir, georeferenciados. Esto incluye colocar información adicional escrita a cada elemento necesaria para el conocimiento y gestión del sistema de agua potable.

Para el caso de las tuberías es necesario mostrar como texto al lado de ésta, su diámetro y material, de manera que pueda ser identificada plenamente en el plano. Algunos elementos poseen un identificador único. Se debe mostrar como texto al lado de éste o con una flecha indicando a que objeto se refiere. Para el resto de los elementos que no necesite más información, solo se requiere su vectorización en el plano, para más detalles ver el anexo 2.

En el caso de una red de alcantarillado existe otro tipo de información adicional a las de las tuberías. El principal es el pozo de visita, los detalles de sus datos, los podemos encontrar en el anexo 2.

El poseer información en el plano, permitirá que pueda ser impreso con algunas características. Todos estos elementos deben estar georeferenciados, lo cual permitirá contar con un fiel modelo de la realidad, con distancias, medidas y ubicación de elementos de manera exacta con respecto a la realidad.

Dentro de estos planos se debe visualizar la ubicación geográfica del conjunto habitacional y sus respectivas tomas domiciliarias de agua, medidor e inclusive la información necesaria para la mayoría de las tareas de gestión dentro la zona en estudio.

2.1.1. ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE

2.1.1.1. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE

INTRODUCCIÓN

Los sistemas para abastecimiento de agua potable constan de diversos componentes para la: captación, conducción, potabilización, desinfección, regulación y distribución; para cada uno de ellos, se construyen las obras necesarias para que sus objetivos particulares sean alcanzados de forma satisfactoria.

La captación se refiere a la toma del agua en las posibles fuentes; la de conducción al transporte del recurso hasta el punto de entrega para su disposición posterior; la regulación tiene por objeto transformar el régimen de suministro del agua proveniente de la fuente, que generalmente es constante, en régimen de demanda variable que requiere la población, y el objetivo de la distribución, es proporcionar en el domicilio de los usuarios, con las presiones adecuadas para los usos residenciales, comerciales e industriales normales, al igual el de suministrar el abastecimiento necesario para la protección contra incendios en la zona de demanda, urbana o rural (CONAGUA, 2003).

CAPTACIÓN

Dentro del conjunto de componentes para la captación, la obra de toma es esencial para el abastecimiento de agua, puede ser cruda como en presas; ésta comprende las estructuras que se requieren para controlar, regular y derivar el gasto hacia la conducción; su importancia radica, en que es el punto de inicio del abastecimiento, por lo que debe ser diseñada cuidadosamente. Un mal dimensionamiento de la captación puede implicar déficit en el suministro ya que puede constituirse en una limitante en el abastecimiento (subdimensionada), o en caso contrario encarecer los costos del sistema al operar en forma deficiente (sobredimensionada).

En el abastecimiento de agua potable, la sub-evaluación en la capacidad de la toma genera un servicio de agua deficiente al usuario, ya que durante las horas del día en las cuales se tiene la máxima demanda, la imposibilidad de la toma de entregar el caudal requerido puede generar zonas sin suministro en la red de distribución. En este mismo

caso, la sobre-evaluación, impone mayores erogaciones para la inversión deseada, afectando el sistema financiero de las empresas prestadoras del servicio de agua potable, además la operación hidráulica es deficiente, pudiendo afectar la calidad del servicio (bajas presiones) generando también molestias al usuario (CONAGUA, 2003).

Para el caso del aprovechamiento de fuentes superficiales, el abastecimiento de agua suele requerir de la fase adicional de tratamiento, que consiste en detectar mediante análisis físico-químico de una muestra del agua de la corriente, la necesidad de mejorar su calidad para consumo humano. En cuanto a las fuentes subterráneas, por lo general el medio filtrante natural permite una buena calidad del recurso, siendo necesario en la generalidad de los casos, tan sólo una desinfección previa para su aprovechamiento.

En la actualidad, el cuidado del medio ambiente se torna un punto muy importante, ya que al plantear una toma de agua, cualquiera que sea la fuente, es necesario considerar el impacto que dicha explotación traería al entorno natural. En fuentes superficiales interesa el caudal mínimo necesario para sanear las cuencas que aguas arriba descargan en su lecho. En fuentes subterráneas se torna importante el conocimiento de la recarga natural de los cuerpos de agua, ya que su explotación no debe rebasar este límite o al menos, si se establecen planes de extracción agudos por temporadas, en ciclo posterior hacer la reducción necesaria de tal manera que no se afecten las condiciones iniciales y la fuente de agua recupere el nivel natural de almacenamiento.

En cualquier caso, el diseño adecuado de la obra de toma implica una operación eficiente del resto de la infraestructura de cualquier sistema de abastecimiento de agua.

Para ejemplificar las diversas obras de toma que se pueden llevar a cabo, podemos apreciar en la figura 2.2, algunas de ellas.

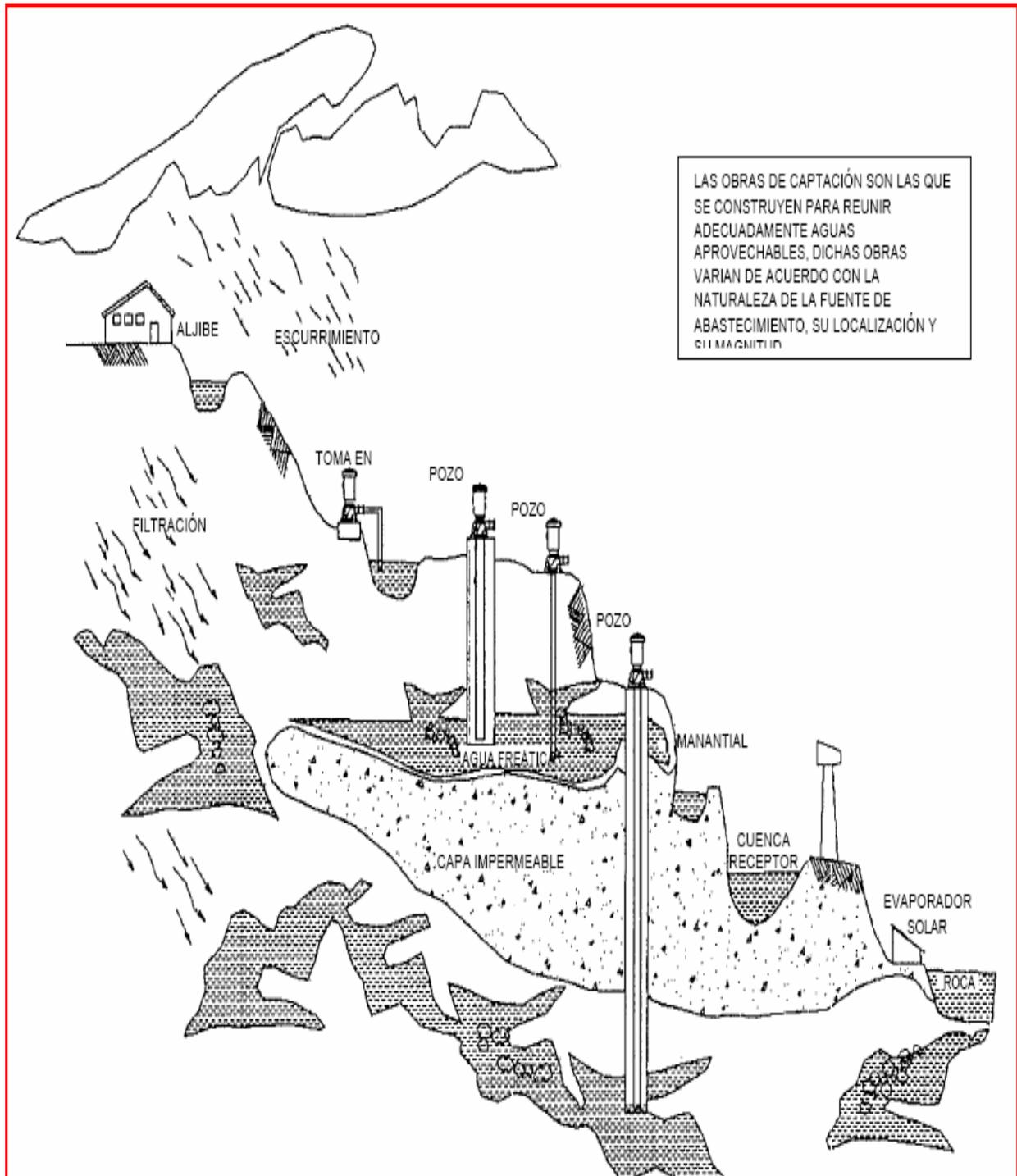


Figura 2.2 Diversas obras de toma

A continuación, se puede ver en la figura 2.3, la estructura de un sistema básico de distribución de agua potable.

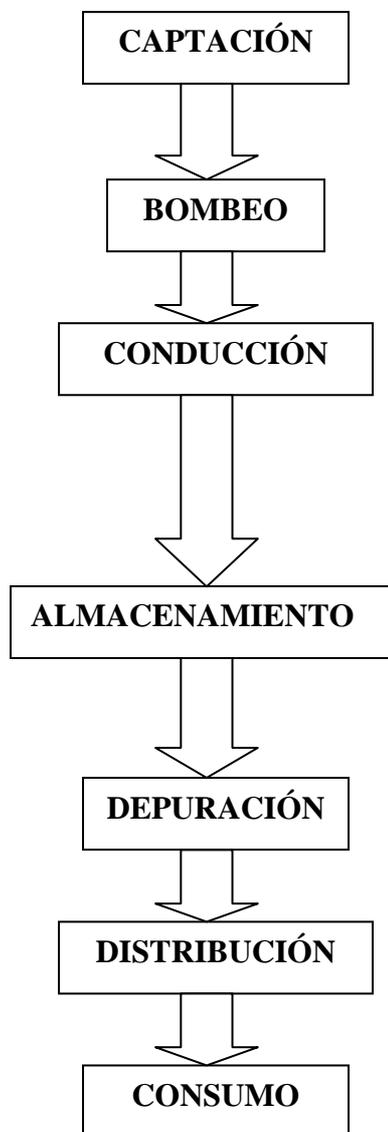


Figura 2.3 Estructura de un sistema de distribución de agua potable

A).-OBRAS DE CAPTACIÓN

Dentro de los métodos hidráulicos más utilizados para análisis y diseño de una obra de toma encontramos a los siguientes métodos (CONAGUA, 2003):

- Hidráulica de orificios
- Hidráulica de columnas de succión y sistemas de bombeo.
- Hidráulica de canales abiertos y cauces naturales.
- Hidráulica de conductos a presión.
- Métodos de aforo de corriente.
- Manejo de información hidroclimatológica.
- Hidráulica de pozos.

En el abastecimiento de agua potable, para la captación de agua por medio de un pozo profundo, es necesario conocer que el flujo de agua subterránea constituye un aspecto importante dentro de la Geohidrología, ya que es un caso especial de flujo a través de un medio poroso. El estudio del agua subterránea presenta diferentes grados de dificultad en la medida que se deseen considerar todos los aspectos: fronteras o limitantes geológicos, carácter tridimensional del flujo, etcétera. En este sentido, resulta prácticamente imposible resolver analíticamente un flujo de agua tridimensional, al menos que las condiciones de simetría del caso estudiado, posibiliten reducir las ecuaciones a un sistema bidimensional, lo cual puede lograrse en la mayoría de los casos.

El tratamiento de análisis de acuíferos en medios porosos está regido por la ecuación de Darcy, ley que relaciona la velocidad del flujo con las pérdidas de energía que tienen lugar a lo largo de su recorrido. El análisis es aplicable a las condiciones de acuífero libre y confinado.

El potencial de un pozo se conoce a través de las pruebas de bombeo, en las cuales mediante el registro de caudal de bombeo - abatimiento del nivel en el pozo, se obtienen los parámetros de formación del medio filtrante como son: el coeficiente de permeabilidad y el de almacenamiento, los cuales enmarcan el posible rendimiento del acuífero que se desea explotar.

El flujo de agua subterránea queda definido por los parámetros de presión, densidad, velocidad, temperatura y viscosidad del agua infiltrada en una formación geológica, siendo estas en la mayoría de los casos las variables a definir.

Un medio poroso recibe el nombre de isotrópico, si sus propiedades hidráulicas y mecánicas son iguales en cualquier dirección desde un punto seleccionado; si estas varían se denomina anisotrópico.

Con el manejo cuidadoso de la hidráulica de pozos es posible reducir el alto nivel de incertidumbre que en la mayoría de los casos acompaña a los estudios de un acuífero.

B).-CAPTACIÓN DE LAS AGUAS

ATMOSFÉRICAS

Estas corresponden al agua proveniente de la atmósfera; incluye, en función del estado físico del agua al precipitar (líquido o sólido): precipitación pluvial, nieve, granizo y escarcha. En México y en general, en Latinoamérica, la precipitación pluvial se torna de mayor importancia, ya que es la más susceptible de aprovecharse.

Estas aguas son importantes en diversos procesos naturales de alimentación a las fuentes de agua, ya que al precipitarse al suelo, alimentan corrientes superficiales o se infiltra de manera subsuperficial y/o profunda, recargando los cuerpos de agua subterránea. Al alimentar corrientes superficiales alimenta los almacenamientos ubicados en sus lechos.

Estas captaciones son importantes en aquellos lugares en los que no se dispone de un sistema para abastecimiento de agua, pero que sí ocurren precipitaciones de consideración durante la temporada de lluvias. También se deben tomar en cuenta en aquellas regiones con escasa precipitación en climas de tipo árido o semiárido, donde se hace indispensable el máximo aprovechamiento; siendo esta agua de buena calidad, pudiendo ser utilizada en labores domésticas y agropecuarias. No es una fuente permanente, por lo que debe almacenarse en época de lluvias, para disponer de ella durante la sequía. Durante la recolección o el almacenamiento puede sufrir contaminación, por tal razón deben tomarse medidas para que esto no suceda. El almacenamiento se hace en cisternas o aljibes, cuyas dimensiones varían según sea unifamiliar o para un conjunto de casas, ubicados aldaños al domicilio, ya que a éstos descargarán las tuberías bajantes que vienen del techo. Por ser estructuras sencillas, el agua se extrae del aljibe mediante bombas de mano.

El lugar físico de la recolección son los techos de las viviendas y/o techumbres construidas con el objeto de captar la lluvia, por lo cual se requiere de un sistema de

tuberías bajantes que lleven las aguas hasta el nivel del terreno donde se ubica el aljibe. Conviene y hasta es indispensable cuando el agua se utilice para consumo humano, que éste lleve un filtro de arena-grava. Deben desecharse los primeros minutos de la precipitación, puesto que lava la superficie de captación arrastrando las materias que se encuentran en ella; para este fin, es necesario que el tubo de bajada tenga un juego de válvulas que permita desviar o encauzar esta agua al depósito, según se requiera. Es recomendable mantener cerrado el depósito, dada su facilidad de contaminación; El esquema lo podemos apreciar en la figura 2.4.

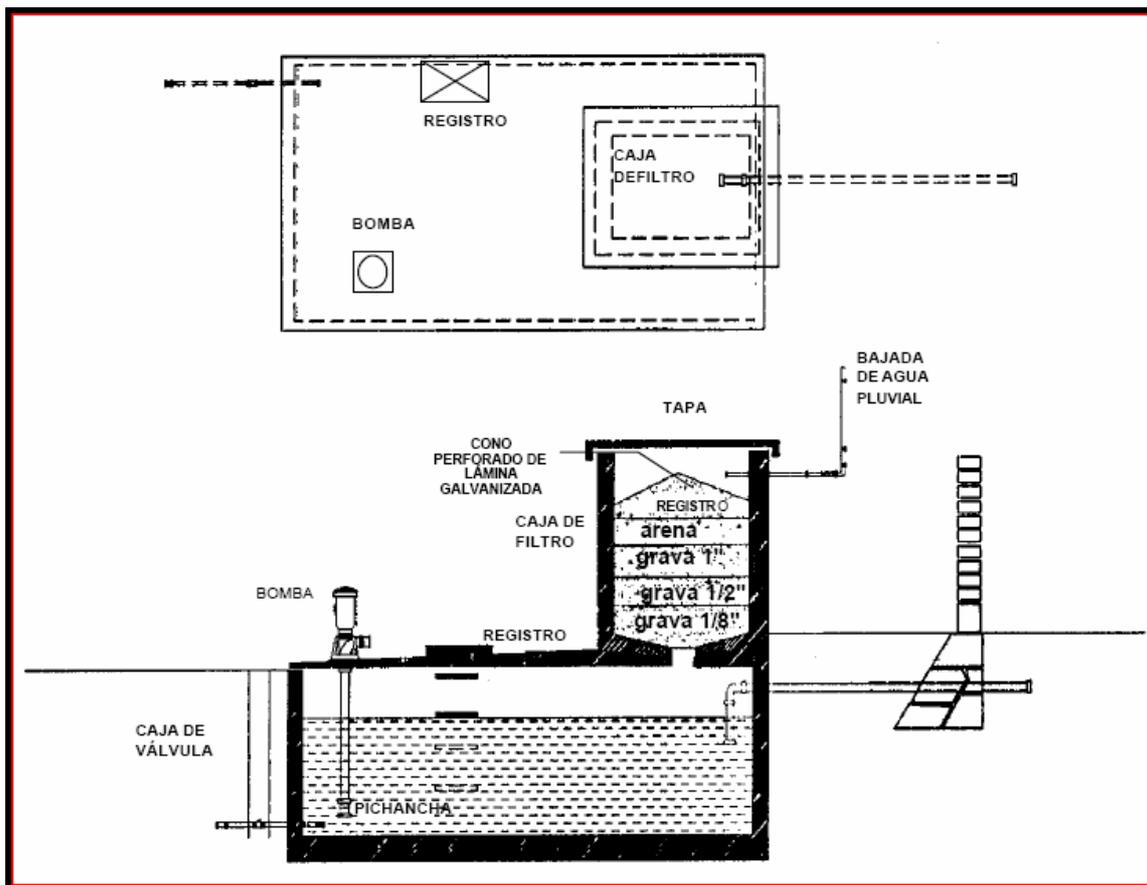


Figura 2.4 Estructura para recolección de agua de lluvia

DISPOSITIVO TECHO-CUENCA

El dispositivo más apropiado para coleccionar el agua de lluvia para consumo humano, en regiones de escasa precipitación es el llamado Techo-Cuenca (TC) (CONAGUA, 2003). Consta básicamente de dos secciones. (A) El techo, que funciona como área de contribución y retardador de evaporación simultáneamente; inmediatamente, en la parte inferior, se localiza el tanque o cisterna de almacenamiento (B). El techo está formado

por dos superficies que convergen a un canal central (C) con pendiente inducida, el cual permite al agua colectada caer por gravedad a la cisterna, pasando a través de unas cajas con tamiz (D), para su colado. Colocado sobre la pared externa de la misma cisterna, se ubica un piezómetro (E), el cual permite observar el nivel del agua captada y por tanto, conocer el volumen almacenado. El Sistema de conducción de agua consiste en una válvula de paso (F), la tubería de conducción (G), de 5 cm de diámetro, para terminar con una llave (H) empleada para el consumo humano. Finalmente se incluye una cerca de protección (I) que circunda la construcción y una pequeña puerta de acceso (J), ver figura 2.5.

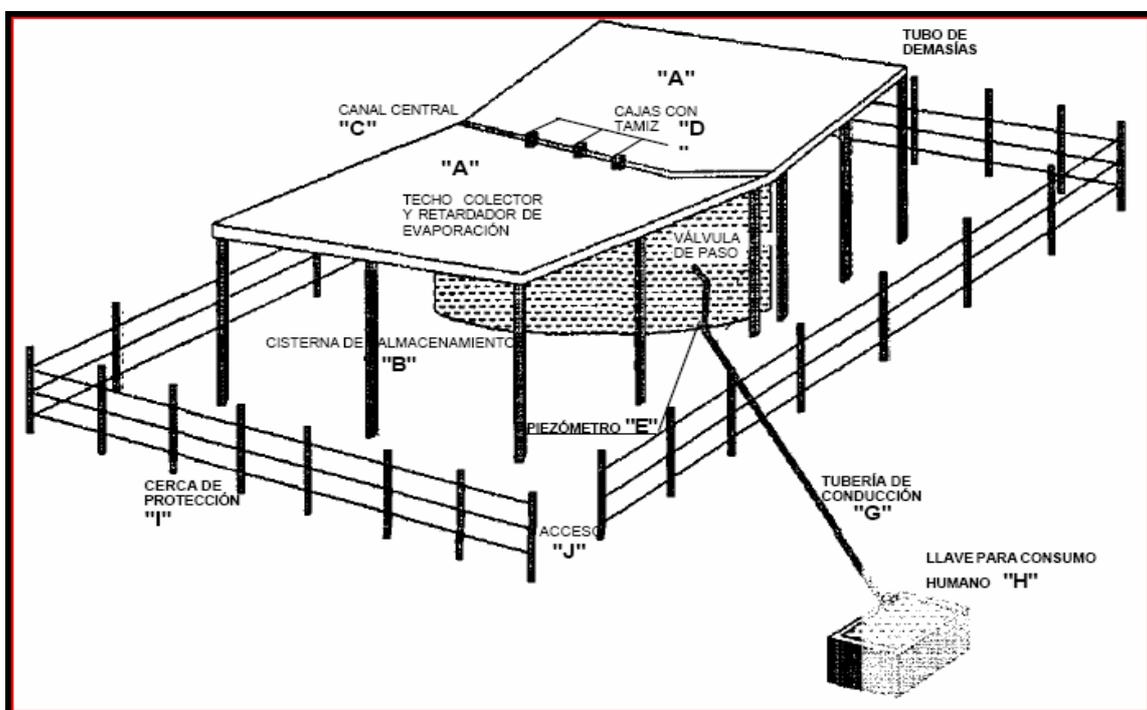


Figura 2.5 Dispositivo techo-cuenca

SUPERFICIALES

Las aguas superficiales son aquellas que escurren en los cauces y presentan una superficie libre sujeta a la presión atmosférica, estas pueden ser corrientes perennes, es decir, cauces que llevan flujo todo el año, producto del drenaje natural de los acuíferos que la alimentan durante la temporada de sequías y que además, en temporada de lluvias, recibe los escurrimientos generados en la cuenca de captación aguas arriba y corrientes intermitentes las cuales presentan un flujo igualmente sujeto a la presión atmosférica y cuya duración se limita a la presencia de precipitaciones en la cuenca drenada.

En muchas ocasiones, los arroyos son el producto de la precipitación pluvial de corta duración y fuerte intensidad, lo cual, en combinación con la morfología del terreno puede favorecer la formación de corrientes con altas velocidades de escurrimiento.

También son cuerpos de aguas superficiales, las siguientes fuentes naturales: ciénagas, manantiales, lagos, lagunas, grutas, cenotes y las fuentes creadas artificialmente por el hombre (presas y embalses en general). Estas aguas representan una buena opción para abastecimiento a las poblaciones rurales o urbanas, previo tratamiento, establecido en función de los componentes indeseables y los parámetros de calidad exigidos por las normas actuales. Las aguas superficiales representan una buena alternativa de suministro, requiriendo obras de captación que en la generalidad de los casos utilizan equipos de bombeo para su aprovechamiento directo desde la corriente. Estas aguas pueden ser mejor aprovechadas si se construyen embalses o se deriva el caudal necesario sobreelevando el nivel del río, para lo cual se construyen presas derivadoras, utilizadas por lo general para suministro a zonas agrícolas.

Para evitar, que grandes sólidos que arrastran las corrientes, ingresen y obstruyan las obras de toma, se utilizan *rejillas* instaladas en la boca de las mismas. Si se requiere aprovechar con tomas directas las aguas de una corriente turbulenta, no siempre es posible su aprovechamiento directo, por las condiciones indeseables que este hecho representa para operar equipos de bombeo o cualquier otro sistema; en este caso es necesario incluir un canal de llamada, perpendicular a la corriente, que tome el agua y la tranquilice a lo largo de su recorrido hasta entregarla a un depósito o cárcamo de bombeo, donde será aprovechada o enviada hacia otro punto.

Para agua potable, en las presas de almacenamiento se tienen tomas que van desde vertedores de gasto lateral (pared vertedora), hasta canales de llamada que conducen las aguas del embalse a la obra de toma, que puede ser un depósito o un cárcamo de bombeo, para posteriormente conducir el agua mediante sistemas de tuberías con objeto de entregarla a las localidades urbanas o rurales. A continuación se presentan esquemas de diversas obras de toma directa superficial (CONAGUA, 2003). (ver figuras 2.6 a,b,c,d,f,g,h).

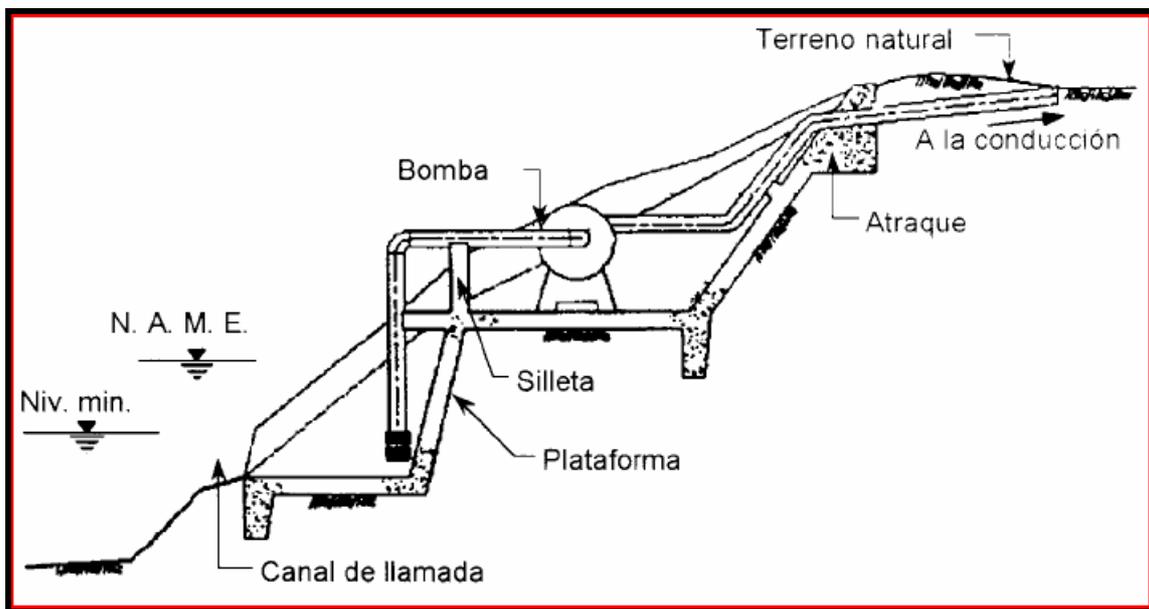


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (a)

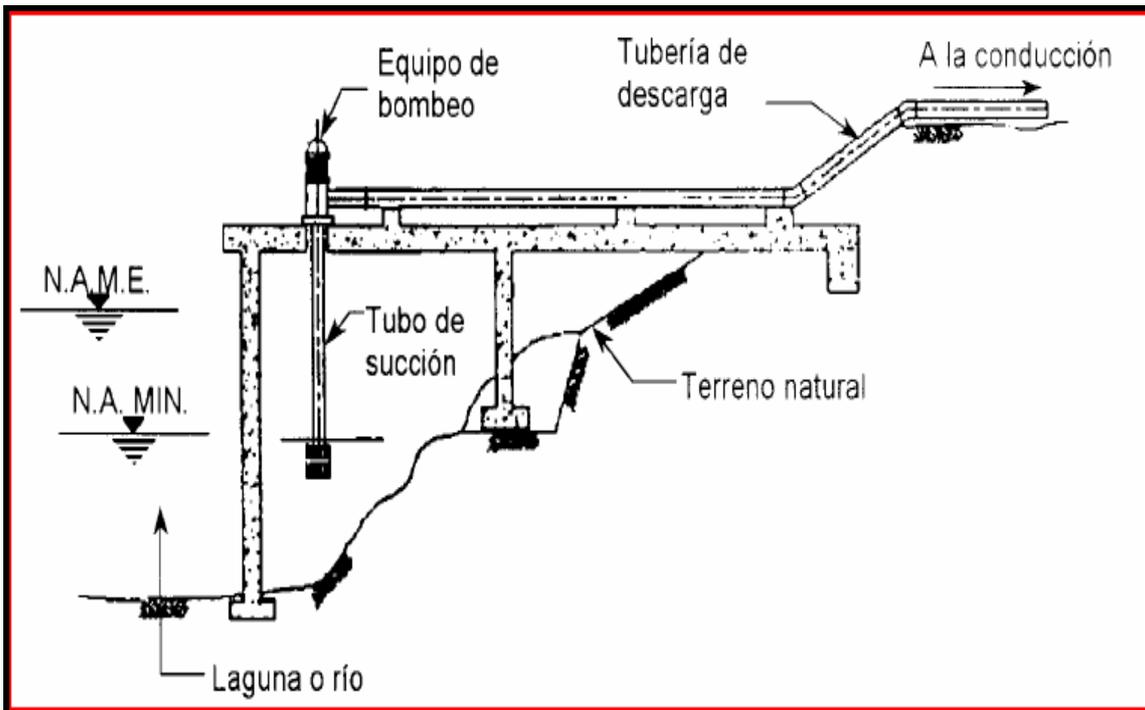


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (b)

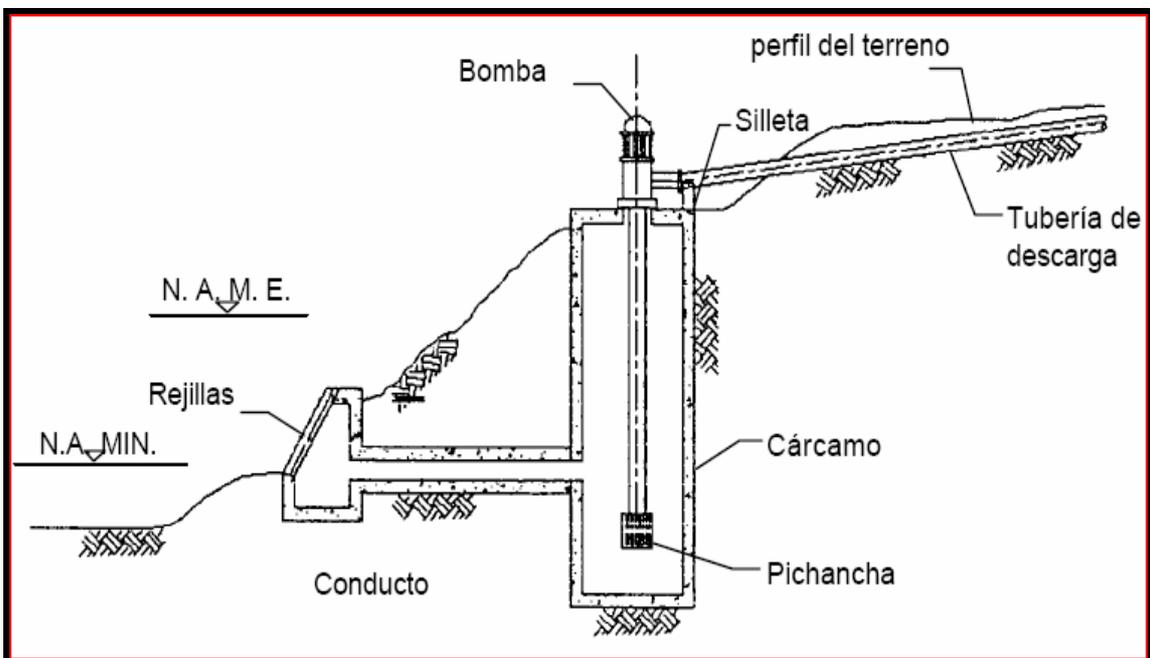


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (c)

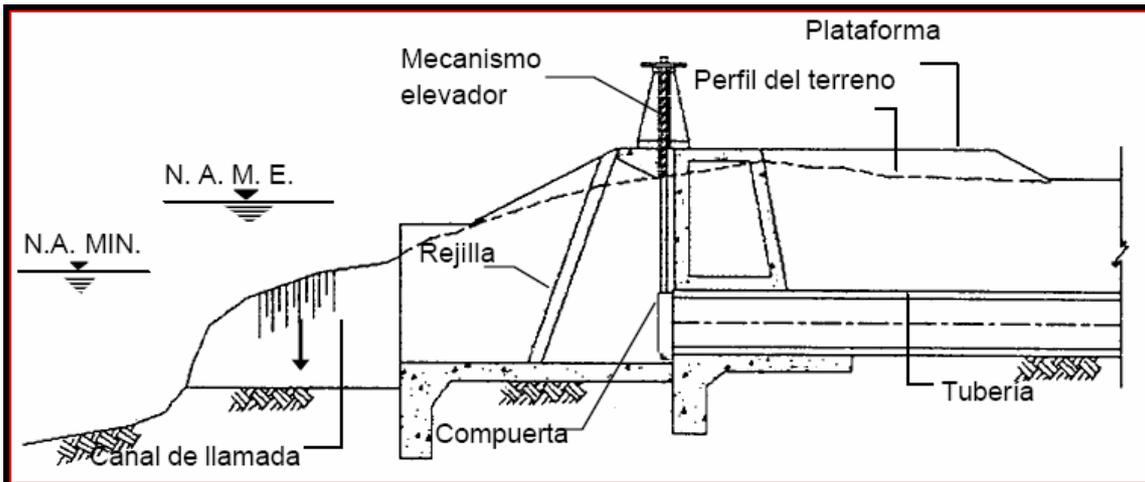


Figura 2.6 obra de toma directa superficial (d)

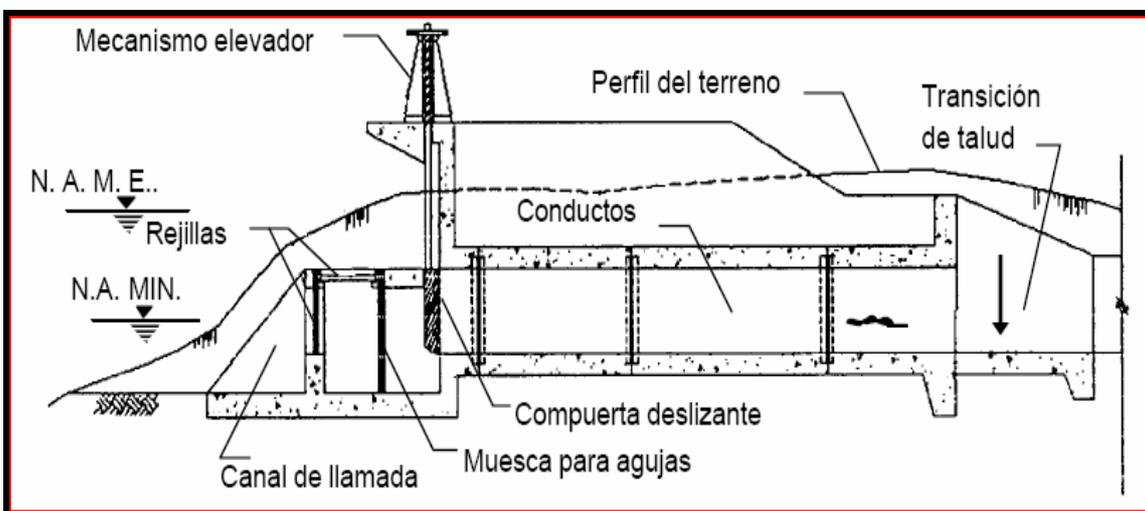


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (e)

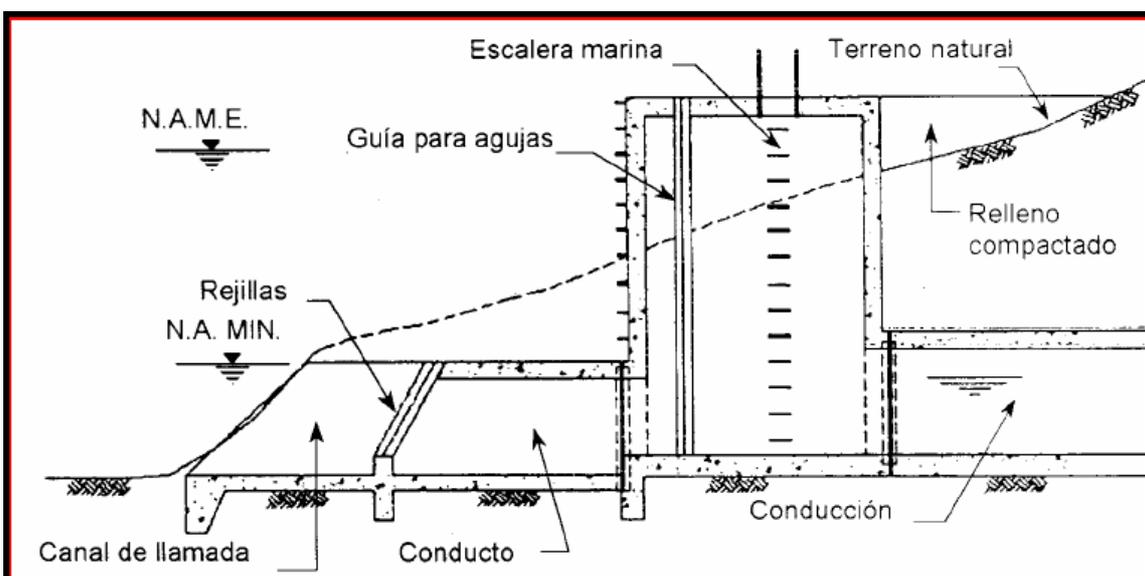


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (f)

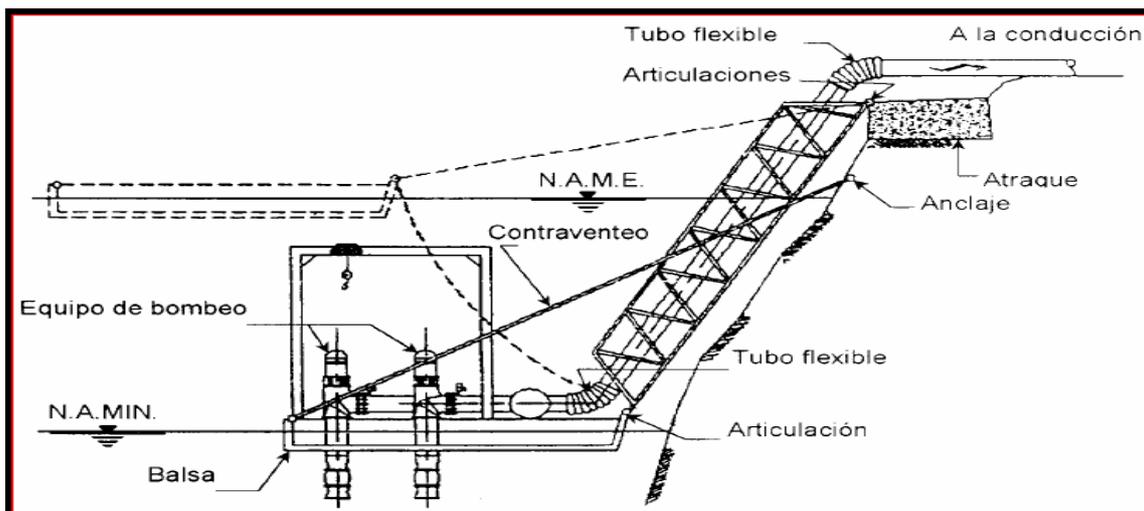


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (g)

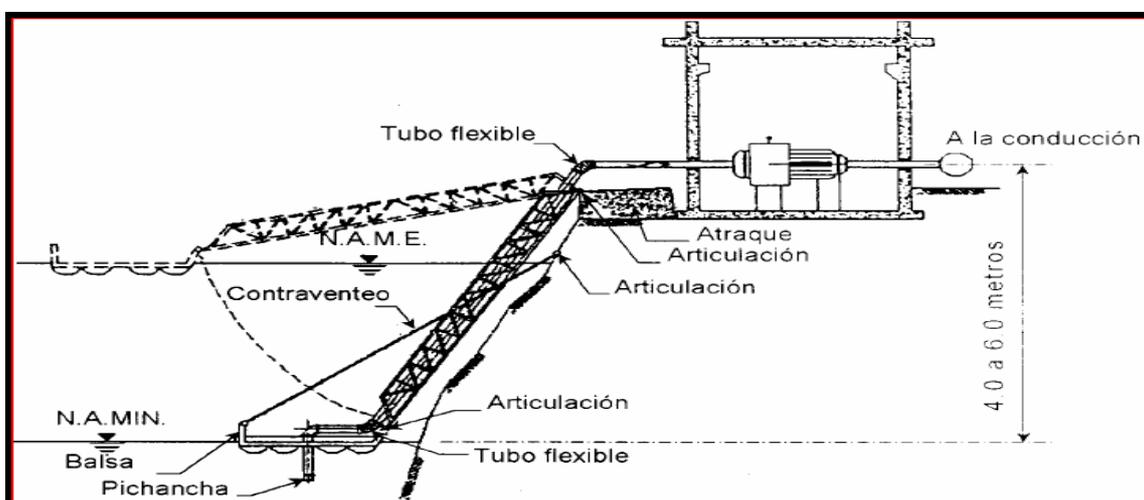


Figura 2.6 Obra de toma directa superficial (h)

La obra de toma directa a) consiste en excavar en una de las márgenes del escurrimiento, para construir una plataforma, que puede ser protegida con mampostería o concreto reforzado; en dicha plataforma se aloja el equipo de bombeo. El canal de llamada hacia la succión de la bomba se localiza en una escotadura a un nivel inferior que también se encuentra protegido.

La obra de toma directa b), requiere de un mínimo de obra civil, consiste en una estructura que puede ser de madera, acero o concreto reforzado, la cual soporta el equipo de bombeo, su nivel de piso se localiza por encima del nivel de aguas máximas extraordinarias.

La obra de toma directa c), consta de un cárcamo de bombeo vertical conectado a la

estructura de entrada por medio de conductos de concreto reforzado o por tubería de acero. La estructura de entrada cuenta con rejillas; en este caso el control del gasto es mediante los equipos de bombeo. Se puede utilizar muescas en las rejillas para instalar agujas y poder aislar el conducto y cárcamo por alguna eventualidad.

La obra de toma directa d), la cual cuenta con compuertas deslizantes o tipo Miller para el control del gasto, ya que la conducción puede ser por medio de una tubería de acero o de concreto prefabricada, o bien un conducto de concreto reforzado o un canal a cielo abierto.

La obra de toma directa e), muestra las compuertas deslizantes, conductos de concreto y conducción en un canal a cielo abierto.

La obra de toma directa f), contempla una estructura de entrada provista de rejillas, conducto de concreto y una torre de control, que en este caso cuenta con una guía para agujas. La conducción es por gravedad y puede ser un conducto cubierto o un túnel.

Cuando se presenta una ladera con fuerte pendiente topográfica y no es posible utilizar algún tipo de las tomas directas descritas con anterioridad, se puede recurrir a las estaciones de bombeo flotante, las cuales consisten en una balsa o estructura flotante que soporta a los equipos de bombeo o únicamente los dispositivos de succión; en esta última, la altura máxima entre la succión instalada en la balsa a los equipos de bombeo no debe ser mayor de 4.0 a 6.0 m. La balsa o cuerpo flotante puede presentar problemas por el arrastre de la corriente, por lo que se debe recurrir a su anclaje en la orilla. En las figuras 2.6g) y 2.6h) se muestran esquemas de estos tipos de obra de toma. Para el caso en que la altura de bombeo sea mayor a 6.00 m y no sea posible utilizar alguna de las estructuras descritas, la solución puede ser alojar los equipos de bombeo en una estructura móvil que contenga a los equipos de bombeo, la cual se deslice en la ladera de acuerdo a los niveles que se presenten en el escurrimiento.

SUBSUPERFICIALES

Se refiere el término “subsuperficial”, al agua que infiltra a escasa profundidad, como por ejemplo, en el subálveo de los ríos, que es aquella franja longitudinal entre ambos márgenes de una corriente, en la cual, por ser la interfase río-acuífero, el nivel del agua freática se encuentra a escasa profundidad. Por efecto de la infiltración del agua de la corriente en el subsuelo, ésta es de buena calidad. Siendo posible, mediante una obra de

toma sencilla, extraerla con las ventajas que ofrecen su filtración natural y economía de la captación (CONAGUA, 2003).

Conviene recordar que una corriente puede alimentar un acuífero o, en caso contrario, dependiendo de las pendientes hidráulicas del nivel freático, éste puede alimentar a la corriente (corrientes perennes); en cualquiera de los casos, el nivel freático se encuentra a escasa profundidad de la superficie del terreno.

Para captar aguas subsuperficiales, se pueden construir pozos excavados de poca profundidad, llamados “norias” o mediante un sistema sencillo de hincado de pozos de pequeño diámetro y profundidad si es muy somero el nivel freático de las aguas. Para la captación más eficiente del agua subsuperficial, se utilizan pozos someros tipo Ranney, que constan de un depósito central en donde se capta el agua que recolectan tuberías radiales perforadas e inmersas en la zona saturada del acuífero.

Los puyones o pozos hincados son una alternativa económica para aquellos casos en que se tenga una fuente subsuperficial confiable. Se utilizan además galerías filtrantes, opción adecuada cuando se desea interceptar perpendicularmente el flujo subsuperficial. En este caso, para pequeñas galerías se instalan tuberías ranuradas en el fondo de la excavación rellena de grava graduada. Algunas obras de captación de este tipo, se presentan en las siguientes figuras (ver figuras 2.7 a,b,c,d,e,f).

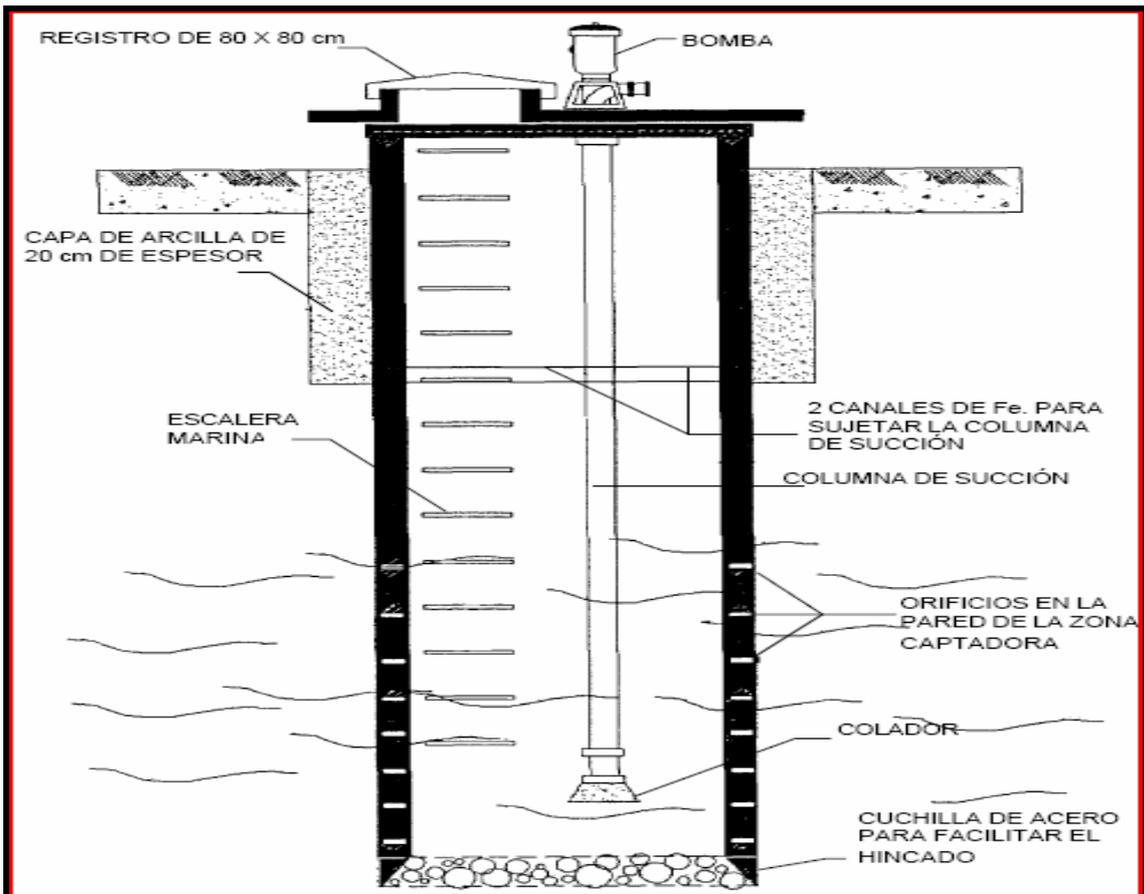


Figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (a)-Pozo excavado

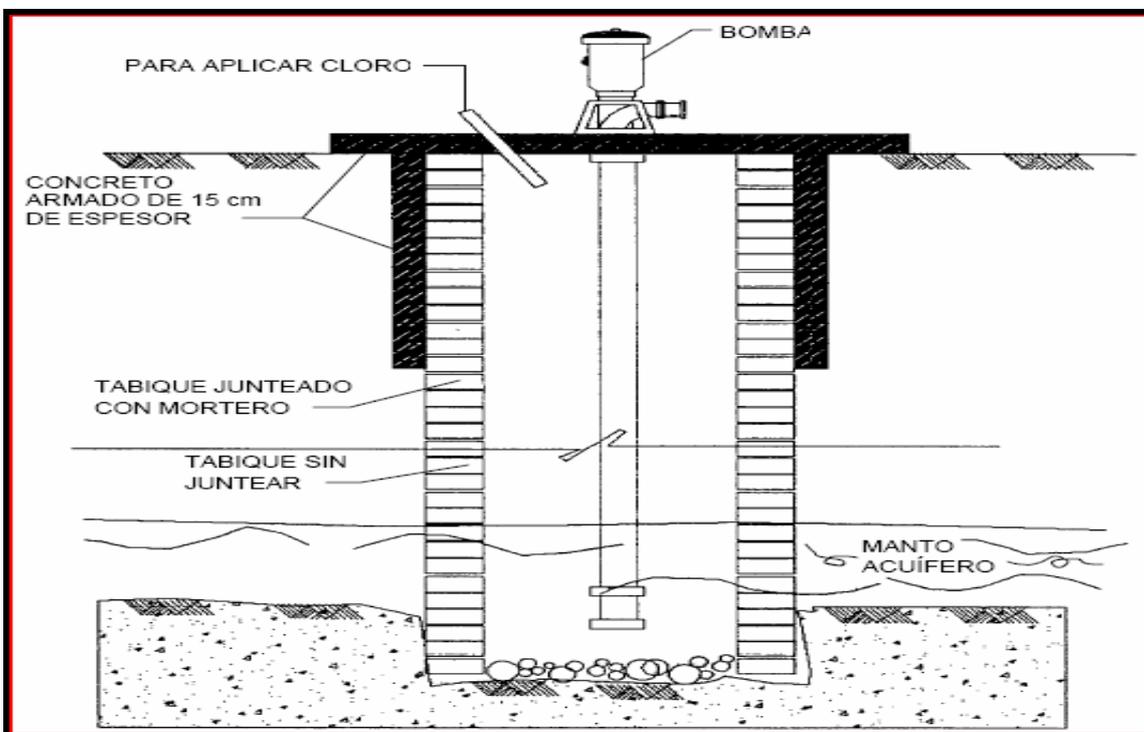


Figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (b)-Pozo con ademe de mampostería

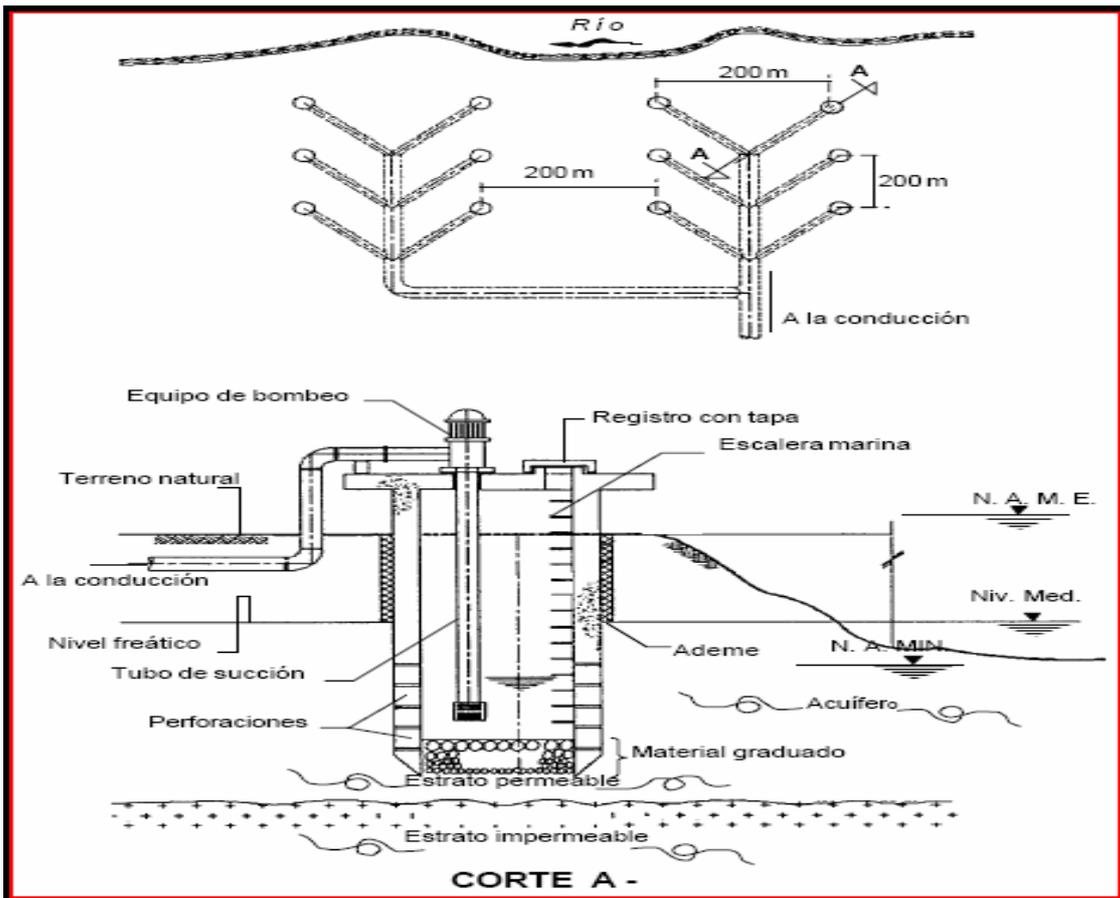


figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (c)-Pozos someros

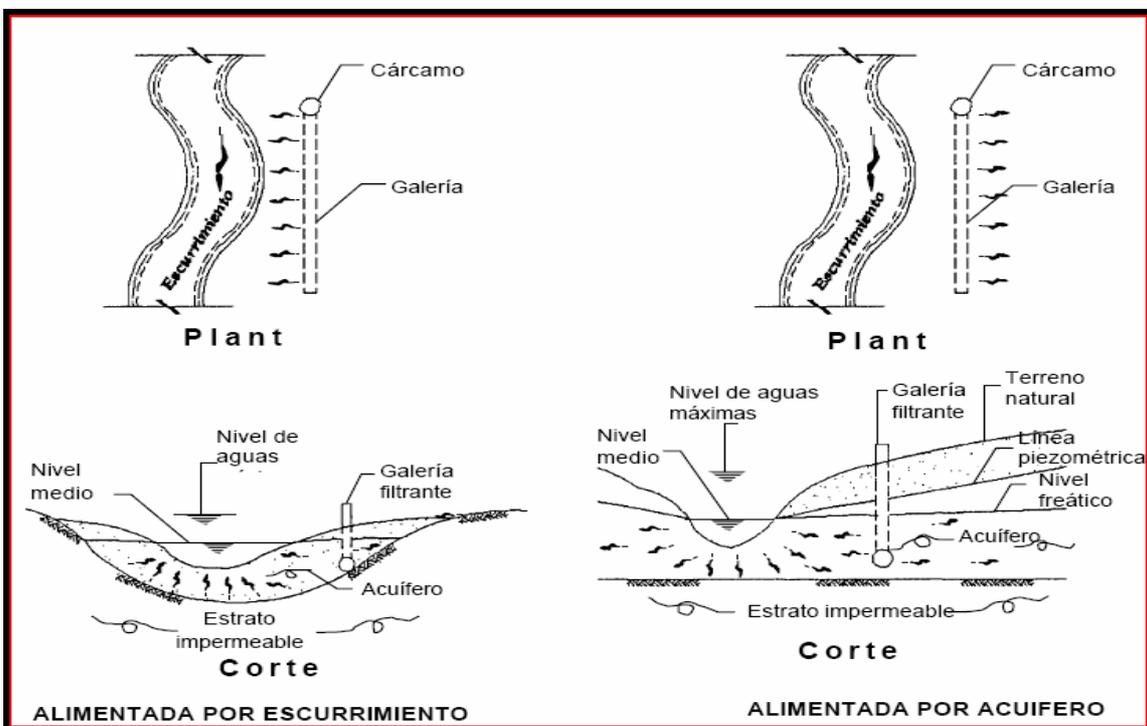


Figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (d)-Galerías filtrantes

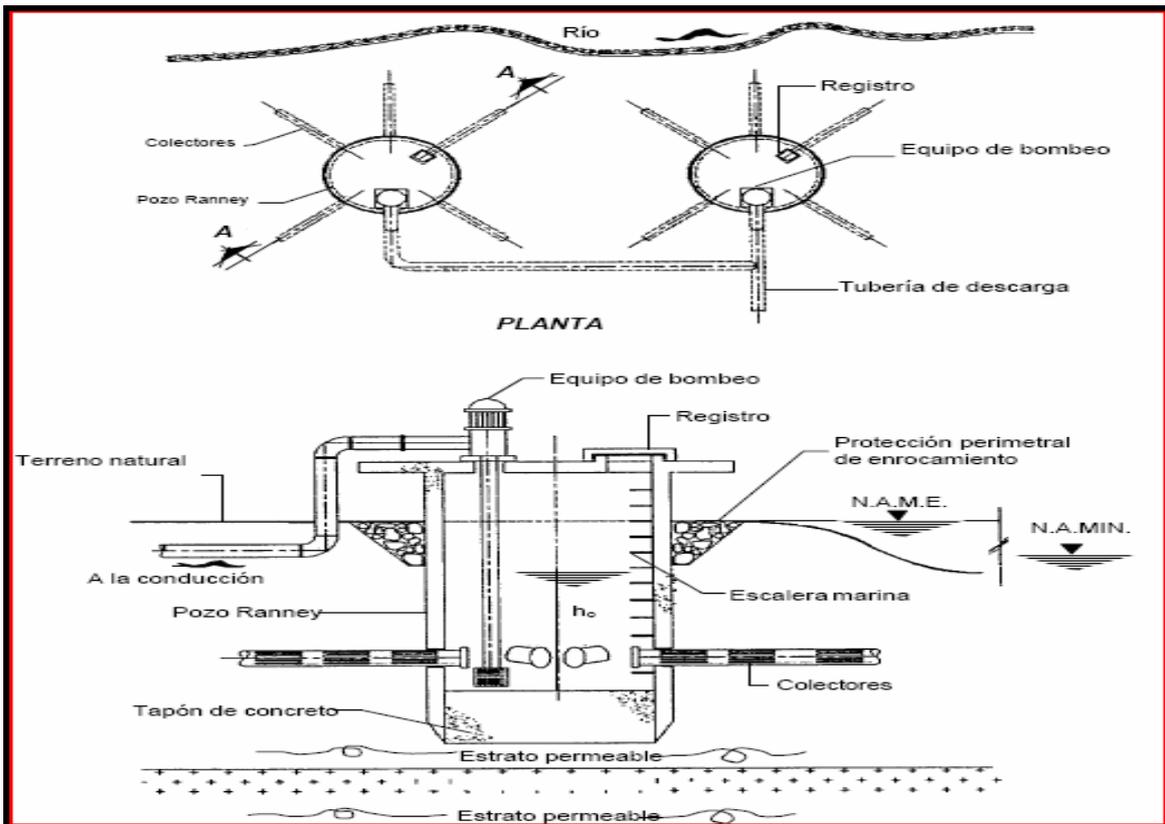


Figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (e)-Pozo radial o Ranney

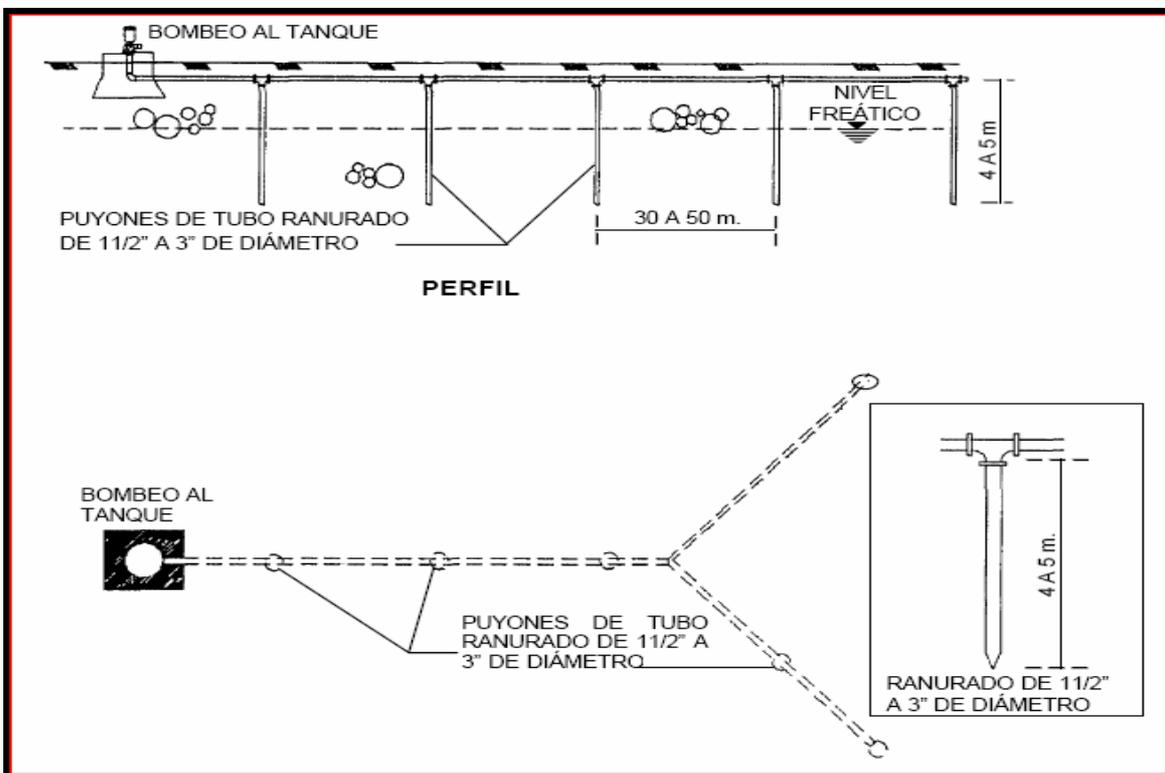


Figura 2.7 Obra de toma subsuperficial (f)-Sistema de puyones

SUBTERRANEAS

Los cuerpos de agua subterránea o acuíferos se clasifican en función de sus condiciones de operación relativas a la presión a la cual está sometido el cuerpo de agua (CONAGUA, 2003).

Un acuífero es una estructura hidráulica natural que almacena y permite el flujo de agua subterránea a través de ella. Existen en general dos tipos de acuíferos: libre y confinado. El acuífero libre se caracteriza por tener el almacenamiento bajo presión atmosférica, no así el confinado, en el cual el almacenamiento está a presión hidráulica; en este caso, la presión depende de diversos factores, entre otros, elevación de la zona de recarga, espesor del confinante, (CONAGUA, 2003). etc.

Un cuerpo de agua subterránea presenta diversas ventajas con relación a los cuerpos superficiales ya que por el lado de la calidad del agua, la filtración natural del agua hace menos costoso el tratamiento que deba darse a ésta para volverla potable; por otro lado, un acuífero puede tener una gran extensión por lo cual podrá planearse la captación lo más cercana posible a la zona de demanda, ahorrando por tanto en costos de infraestructura para la fase de conducción del sistema de suministro.

Es posible que el agua subterránea atraviese estratos del subsuelo que la puedan contaminar, por lo cual en estos cuerpos de agua es muy importante el control de componentes del agua en el punto de la toma, estableciendo los parámetros permisibles en función de los usos que se vayan a dar al agua de la fuente. La explotación de agua subterránea requiere de equipos bomba-motor y pozos que puedan ser perforados o excavados (a cielo abierto), con profundidades variables, por lo que se deben usar desde pequeñas motobombas para gastos bajos, hasta equipos de gran caballaje para grandes caudales. El caudal de explotación posible debe ser definido de los estudios previos del balance de componentes de entrada y salida del acuífero. En cualquier caso, el caudal de diseño de la captación en la fuente no deberá rebasar el caudal máximo si se va a abastecer directamente la demanda desde el pozo o campo de pozos. Si la producción máxima necesaria no puede ser entregada por la captación, es posible la utilización de tanques de regulación, con lo cual se reducen los requerimientos solicitados en la fuente.

La instalación típica de un pozo de bombeo queda definida por las siguientes estructuras (CONAGUA, 2003).

Columna de succión del pozo (pichancha, tazones, tubería de succión)

Columna de descarga (tubería de descarga, válvula check de retención, válvula de compuerta, válvula de admisión y expulsión de aire, válvula de alivio contra golpe de ariete, etc.)

Caseta de control eléctrico del equipo de bombeo (tablero de control para arranque y paro del equipo)

Acometida eléctrica (poste, transformador, cableado)

Depósito de descarga

Medidor totalizador de volúmenes extraídos

CAPTACIÓN EN POZOS PROFUNDOS

El rendimiento uniforme y considerable de un pozo profundo, se debe a que es posible que el acuífero sea extenso y sus orígenes se encuentren a grandes distancias del lugar de la captación, evitando rápidas fluctuaciones del nivel piezométrico, además de presentar una temperatura uniforme a lo largo del año. Tiene el inconveniente de un alto costo de operación y, debido a los grandes recorridos subterráneos del agua, es probable que contenga minerales disueltos.

El escurrimiento del agua a través de un medio poroso subterráneo es muy lento y puede variar de 6 m/día en arena, cuarzo y grava con un gradiente muy inclinado, a 3 m/año en areniscas de textura fina. La velocidad media de filtración, "V", es proporcional al gradiente hidráulico "S", relacionados según la ley de Darcy (CONAGUA, 2003), como:

$$V = K \tilde{S}$$

El coeficiente de permeabilidad o de proporcionalidad "K" tiene unidades correspondientes a una velocidad de filtración y suele expresarse en m/s. Ampliación del Concepto de Acuífero Un acuífero puede definirse como una fracción o unidad geológica que puede almacenar significativas cantidades de agua, actuando como depósito y reserva de agua subterránea.

Los acuíferos más apegados a esta definición son aquellos constituidos por rocas no consolidadas, tales como gravas y arenas, que por otra parte, representan el mayor número de las formaciones en explotación. La mayoría de los acuíferos conforman grandes extensiones cuya alimentación puede ser natural por el aporte de aguas

pluviales, corrientes superficiales, lagos y embalses o bien artificial por la contribución proveniente de agua de exceso de irrigación, pérdidas en canales, etc.

Dentro del acuífero el agua escurre por gravedad desde las zonas de recarga hacia las de descarga, como son: ríos, el mar, embalses, o bien, descarga superficialmente formando los llamados manantiales. La mayor descarga artificial tiene lugar a consecuencia del aprovechamiento que realiza el hombre mediante la explotación de pozos. Generalmente el volumen de agua removida o recargada representa una pequeña fracción de la capacidad total del almacenamiento subterráneo.

Los acuíferos se clasifican en dos grandes grupos:

a) *Acuíferos libres.*

b) *Acuíferos confinados.*

El primero, es aquel que está a la presión atmosférica y escurre libremente bajo la fuerza que sobre el flujo ejerce la gravedad. Su nivel líquido sirve como límite superior de la zona de saturación, que como su nombre lo indica, presenta todos los intersticios del terreno ocupado por agua, a diferencia de la zona superior llamada de aireación que inicia en la superficie del terreno en donde los espacios vacíos están ocupados parcialmente por agua y aire. Este acuífero libre se encuentra pues, entre la superficie del terreno y un estrato impermeable. En un pozo construido en un acuífero de esta naturaleza el nivel del agua dentro de éste, se encuentra a presión atmosférica, por tanto, el nivel estático del agua en el pozo coincide con el nivel del agua en el acuífero para ese punto.

Los acuíferos confinados son conocidos comúnmente como artesianos. No corren libremente y están contenidos entre dos estratos impermeables por lo que están sujetos a una presión mayor que la atmosférica. Si se construye un pozo en un acuífero de este tipo, el nivel de agua se elevará sobre el lecho confinado. En este caso se tendrá un pozo artesiano.

Si el pozo se construye en un terreno cuya superficie quede por debajo del nivel piezométrico, se origina un pozo llamado “artésiano surgente”, dado que existe una presión hidráulica que impulsa el agua a salir o brotar en la superficie.

Un acuífero confinado se transforma en acuífero libre cuando la superficie piezométrica cae por debajo de la superficie del techo del confinante. También es común que exista un acuífero confinado por debajo de un acuífero libre.

En la siguiente figura (Figura 2.8), se puede ver el sistema de captación de un pozo profundo.

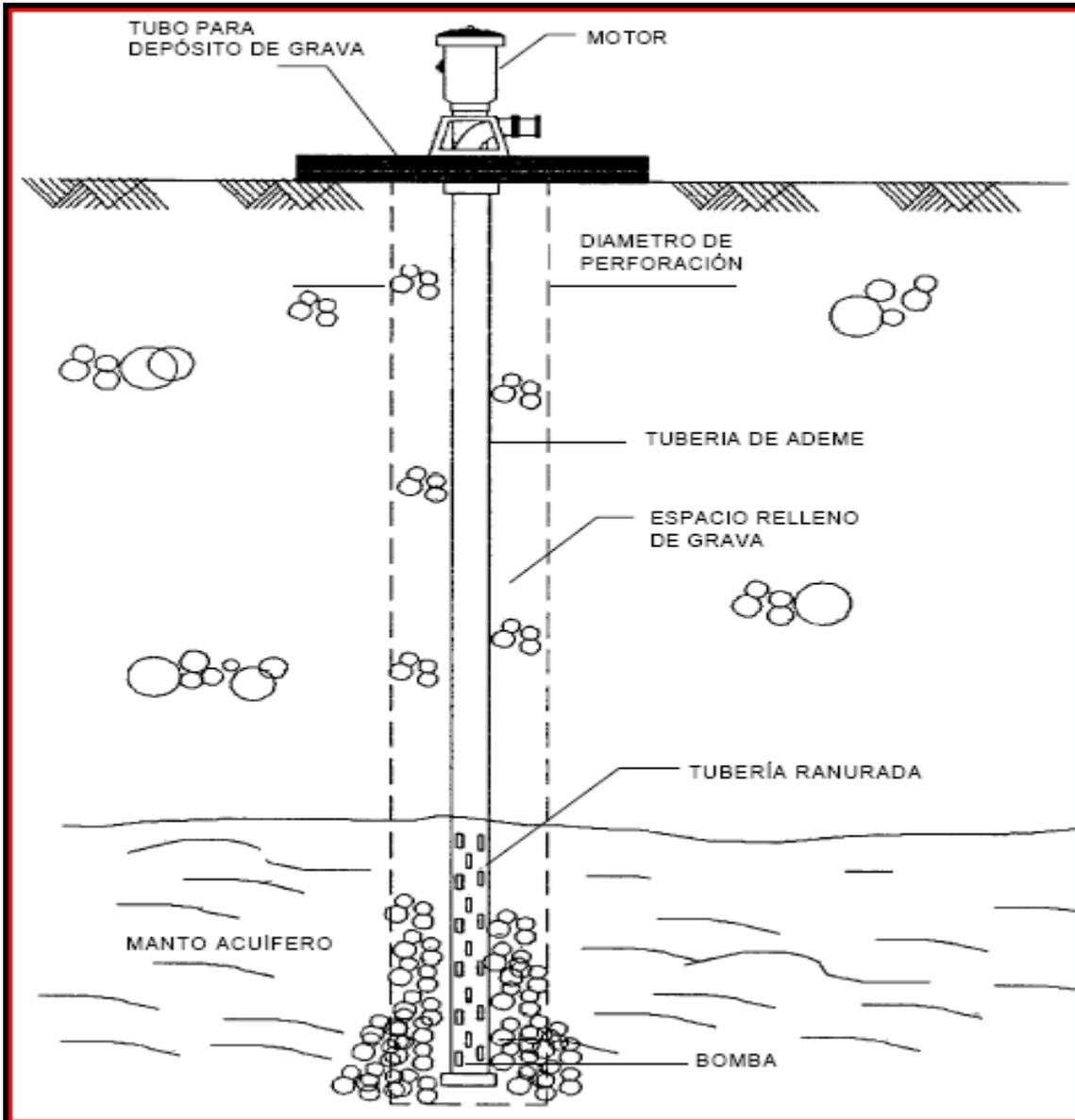


Figura 2.8 Captación en Pozo profundo

2.1.1.2. CONDUCCIÓN

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable, se llama línea de conducción al conjunto integrado de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde será distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión (CONAGUA, 2003).

Cabe mencionar que una red de sistemas de conducción es el conjunto de tuberías interconectadas, debido a la existencia de dos o más fuentes de abastecimiento o sitios de distribución.

Las conducciones deberán entregar el agua a un tanque de regulación, como se indica abajo (Figura 2.9), y así facilitar el procedimiento del diseño hidráulico de los sistemas de agua potable, tener un mejor control en la operación de los mismos y asegurar un funcionamiento óptimo en los equipos de bombeo.

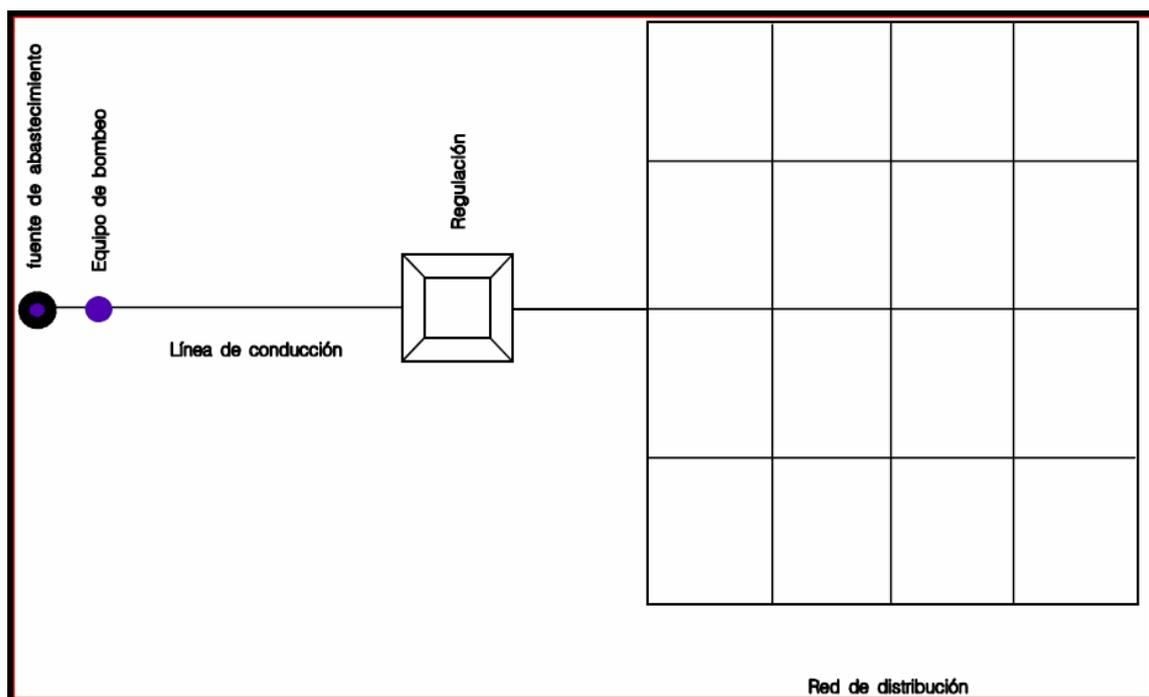


Figura 2.9 Esquema integral de una línea de conducción

En zonas rurales se podrán aceptar conducciones con entrega de agua a la red de distribución, únicamente cuando se logre un ahorro considerable en la distancia de conducción y un aumento en las presiones de la red de distribución. Esto se consigue

cuando el tanque de regulación se conecta a la red de distribución en un punto opuesto a la conexión de la conducción, como se indica abajo (ver figura 2.10).

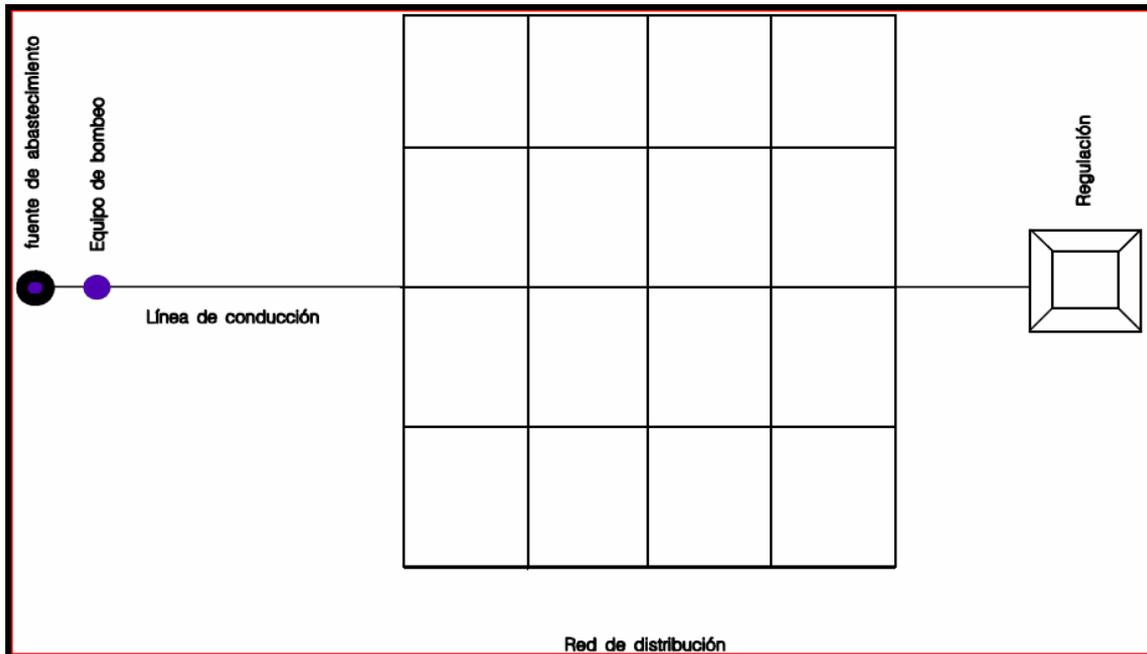


Figura 2.10 Conducción con entrega de agua a la red de distribución.

En zonas urbanas, se aceptan conducciones con entrega del agua a la red de distribución, para el caso en que la red sea existente y cuando se demuestre que el diseño se fundamente en una modelación hidráulica correspondiente al tipo de entrega. Sin embargo se deberán hacer cambios en lo posible para que la entrega se haga a un tanque de regulación.

A).-TIPOS DE CONDUCCIÓN

Entre las variedades de conducción encontramos varias formas como:

POR GRAVEDAD.- Se presenta cuando la elevación en que está el agua en la fuente de abastecimiento es mucho mayor que la altura piezométrica requerida en el sitio de entrega del agua, entonces el fluido se transporta por medio de la diferencia de energía disponible entre las dos secciones citadas, como se muestra en la figura 2.11

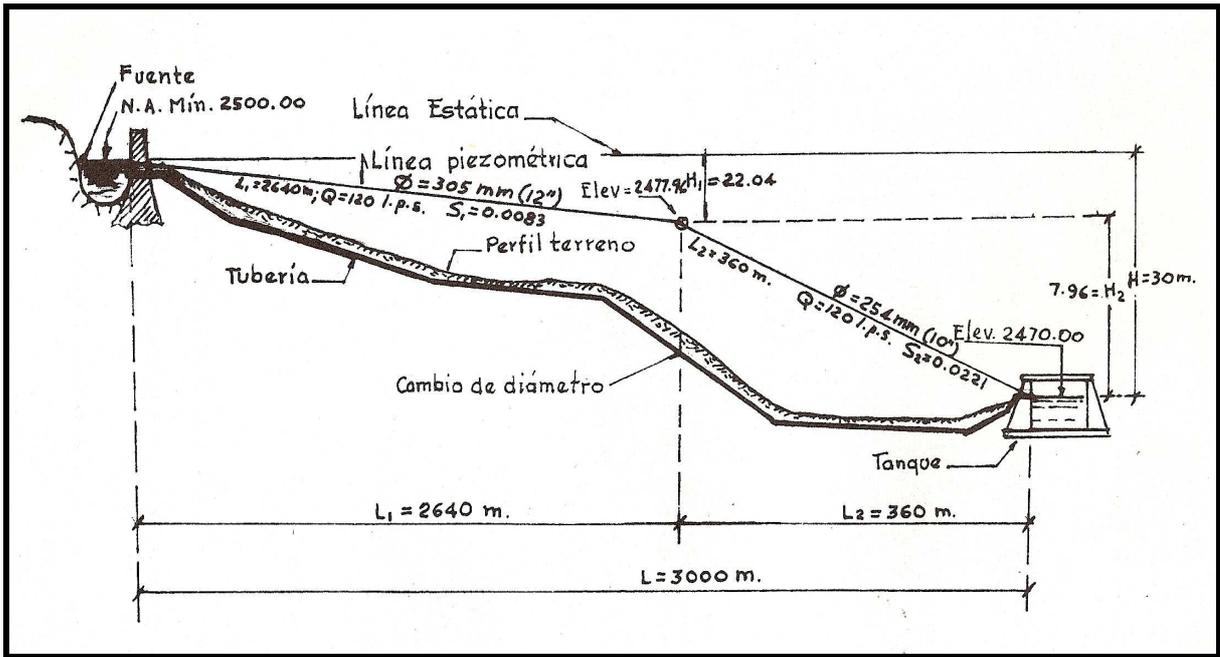


Figura 2.11 Conducción por gravedad

POR BOMBEO.- Es necesaria cuando se necesita energía para obtener la carga dinámica asociada con el gasto de diseño; se usa principalmente cuando la elevación del agua en la fuente de abastecimiento es menor a la altura piezométrica requerida en el punto de entrega, como se muestra en el esquema siguiente (Figura 2.12).

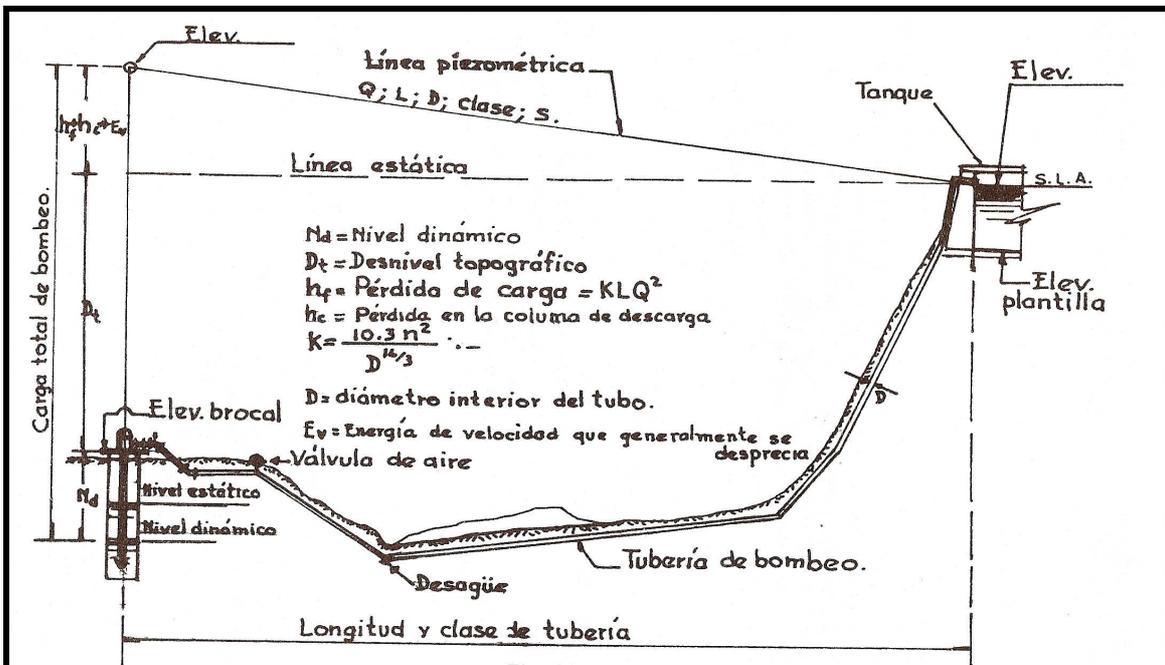


Figura 2.12 Conducción por bombeo

BOMBEO-GRAVEDAD.- Se presenta cuando la topografía del terreno obliga al trazo de la conducción a cruzar por partes más altas que la elevación de la superficie del agua en el tanque de regulación.

RED DE CONDUCCIONES.- Se presentan sobre todo en ciudades donde es necesario presentar fuentes alternas para el abastecimiento del agua, entonces se tienen varias conducciones al interconectar todas las fuentes. (Figura 2.13)

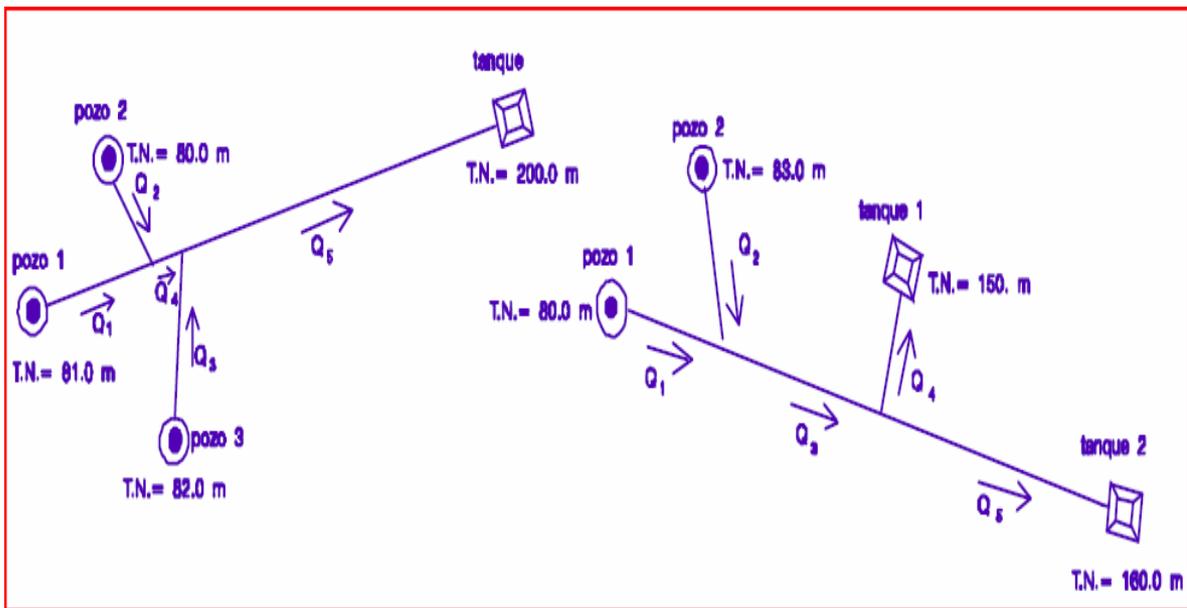


Figura 2.13 Red de conducciones

B).-COMPONENTES DE UNA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

1).-Tuberías.- Existen varios tipos las cuales pueden ser de acero, poli cloruro de vinilo (PVC), hierro dúctil, polietileno de alta densidad.

2).- Piezas especiales.-

-Juntas.-Se utilizan para unir dos tuberías, las de metal pueden ser de varios tipos las Gibaul, Dresser, etcétera.

-Carretes.-Son de pequeña longitud provistos de bridas en los extremos para su unión, se fabrican de acero y de fierro fundido.

-Extremidades.-Son tubos de pequeña longitud que se colocan sobre alguna descarga por medio de una brida en uno de sus extremos. En material de PVC las extremidades pueden ser de campana o espiga.

-Tees.-Se utilizan para unir tres conductos, donde las uniones pueden variar en su diámetro.

-Codos.-Tienen la función de unir dos conductos del mismo diámetro en un cambio de dirección, ya sea horizontal o vertical. Pueden tener deflexiones de 22.5, 45 y 90 grados.

-Reducciones.-Se emplean para unir dos tubos de diferente diámetro.

-Coples.-son pequeños tramos de tubo de PVC o de fibrocemento que se utilizan para unir las espigas de dos conductos del mismo diámetro.

-Tapones y tapas.-se colocan en los extremos de un conducto con la función de evitar la salida del flujo.

C).- VÁLVULAS.- Son dispositivos que pueden ser:

-Eliminadoras de aire.- nos sirven para expulsar el aire que se almacena en las partes altas de la tubería.

-Admisión y expulsión de aire.-se utilizan para expulsar el aire que contiene la tubería al momento de iniciar el llenado del conducto. Otra función se realiza cuando se permite la entrada de aire dentro del tubo al momento de iniciar el vaciado de la misma y con ello evitar que se presenten presiones negativas.

-De no retorno.-tiene la función de evitar la circulación del flujo en el sentido contrario al definido en el diseño.

-De seccionamiento.-se utiliza para controlar el flujo dentro del tubo, ya sea para impedir el paso del agua o reducir el gasto a un valor definido.

D).-DISPOSITIVOS PARA CONTROL DE TRANSITORIOS.

-Válvula aliviadora de presión.-se coloca en la tubería para disminuir las sobre presiones causadas por un fenómeno transitorio, se recomienda instalar este elemento en diámetros pequeños.

-Válvulas anticipadoras del golpe de ariete.-protege al equipo de bombeo de la onda de sobre presión causada por el paro de la bomba o fallo de la energía. Opera con la presión de la línea de conducción, su nombre se debe a que entra en funcionamiento antes de que se presente la onda de sobre presión que genera el golpe de ariete.

-Torre de oscilación.-Es una estructura de forma circular que muy a menudo se instala en la parte de arriba de una tubería y que la superficie libre del agua en ella está en

contacto con la atmósfera y cuyo diámetro es mayor que el de la conducción. La torre de oscilación es una de las estructuras más confiables para el control de los transitorios, sin riesgos en su funcionamiento al no tener elementos de operación. Para evitar derrames cuando la conducción se encuentra funcionando, la elevación de la torre de oscilación debe ser mayor al nivel piezométrico máximo en el punto de conexión con la tubería de conducción; y para evitar los derrames cuando el gasto de conducción es igual a cero, el nivel de la torre debe ser mayor a los niveles del agua de cualquier depósito conectado a la conducción.

-Tanque unidireccional.-Es una estructura similar a la torre de oscilación que se conecta a la parte superior de una tubería y se coloca generalmente a una elevación superior a la del terreno natural. Y éste por lo general se encuentra en contacto con la atmósfera por la parte superior. La elevación de éste es menor que la carga piezométrica del punto de conexión del tanque con la conducción. Su función es aliviar las depresiones causadas por un fenómeno transitorio, provocado por un paro repentino de la bomba.

-Cámara de aire.- Es un depósito conectado con la conducción y por lo general es cilíndrico metálico en cuyo interior la parte inferior contiene un volumen de agua y la superior un volumen de aire a presión, se coloca normalmente al nivel del terreno natural y en las cercanías a una planta de bombeo. La cámara de aire presenta generalmente dos conductos, uno de vaciado y el otro de llenado; el primero contiene una válvula de no retorno para permitir la circulación del flujo únicamente del depósito hacia la conducción. El segundo conducto contiene un dispositivo disipador de energía el cual puede ser por ejemplo, un orificio, cuya función es evitar un incremento de presión del aire cuando la cámara se está llenando

2.1.1.3. TANQUE DE REGULACIÓN

El tanque de regulación, es la parte del sistema de abastecimiento de agua potable que recibe un gasto desde la fuente de abastecimiento para satisfacer las demandas variables de la localidad en el transcurso del día; permite el almacenamiento de un volumen de agua cuando la demanda en la población es menor que el gasto de llegada y el agua almacenada se utiliza cuando la demanda es mayor. Generalmente este tipo de regulación se hace por periodos de 24 horas (CONAGUA, 2003).

Si además se proporciona en la regulación un volumen adicional para almacenar agua en el tanque, se dispone entonces de una cantidad como reserva, con el objeto de no suspender el servicio en caso de desperfectos en la captación o en la conducción, el volumen de agua de reserva, generalmente se utiliza para satisfacer demandas extraordinarias en la población, como el caso de combate contra incendios.

Los tanques de regulación tienen por objeto cambiar un régimen de aportaciones, que siempre es constante, a un régimen de consumos o demanda, que siempre es variable. Además debe proporcionar un servicio eficiente bajo normas estrictas de higiene y seguridad procurando que su costo de inversión sea mínimo. En las figuras 2.14 y 2.15 podemos apreciar los tanques de regulación.

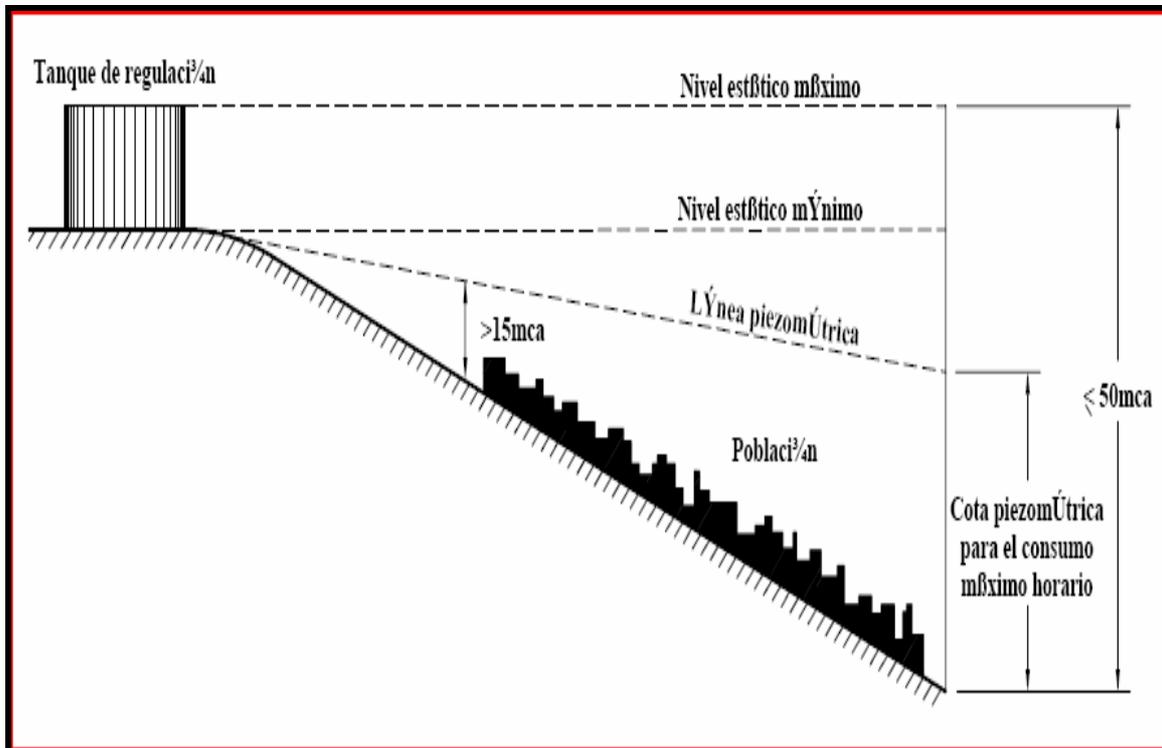


Figura 2.14 Tanque de regulación por gravedad

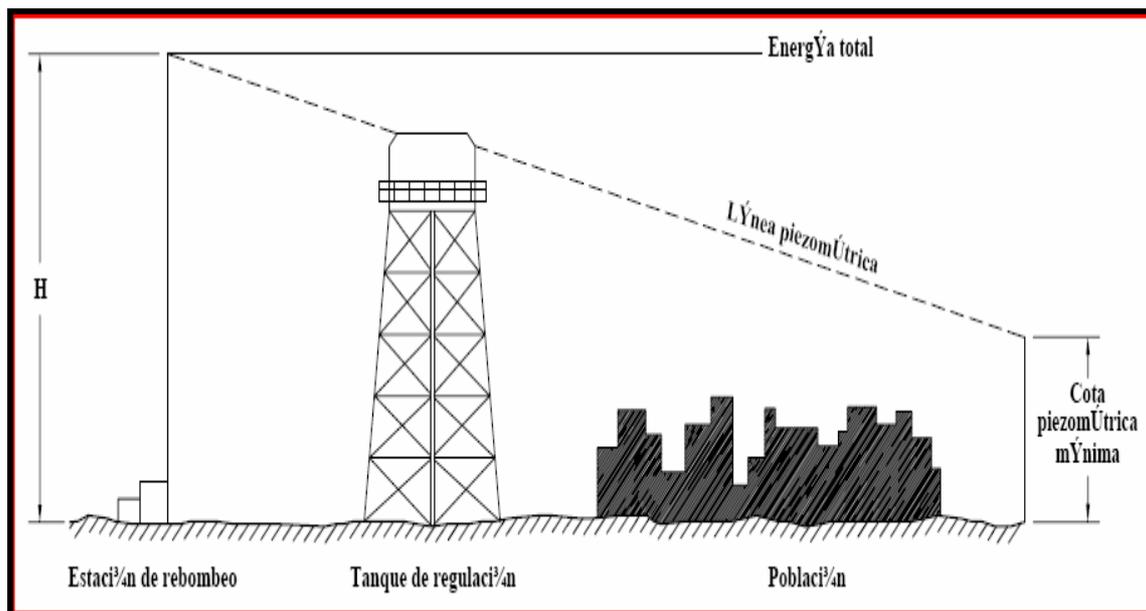


Figura 2.15 Tanque de regulación con una estación de bombeo.

Los tanques de regulación se pueden clasificar de acuerdo a las condiciones del terreno y de su disponibilidad, siendo así, podemos encontrar Tanques Enterrados, superficiales y elevados.

TANQUES ENTERRADOS

Se construyen bajo el nivel del suelo y se emplean cuando existe terreno con una cota adecuada para el funcionamiento de la red de distribución y de fácil excavación. Además pueden proteger al agua de las variaciones de temperatura y una perfecta adaptación del entorno, pero tienen el inconveniente de requerir excavaciones tanto para el propio tanque como para sus instalaciones de conexión.

TANQUES SUPERFICIALES

Están contruidos sobre la superficie del terreno, su construcción es común cuando el terreno es duro o conviene no perder altura y se tiene la topografía adecuada. Se sitúan en una elevación natural en la proximidad de la zona por servir de manera que la diferencia de nivel del piso del tanque con respecto al punto más alto por abastecer sea de 15.0 m.(CONAGUA, 2003). Y la diferencia de altura entre el nivel del tanque en el nivel máximo de operación y el punto más bajo por abastecer sea de 50 m.

TANQUES ELEVADOS

Son aquellos cuya base está por encima del nivel del suelo, y se sustenta a partir de una estructura. Generalmente son construidos en localidades con topografía plana donde no se dispone en su proximidad de elevaciones naturales con altimetría apropiada. El tanque elevado se refiere a la estructura integral que consiste del tanque, la torre, las tuberías de alimentación y de descarga.

Para un máximo beneficio, los tanques elevados generalmente son torres de 10, 15, y 20 m, que se localizan cerca del centro de la zona de consumo. En grandes áreas, se localizan varios tanques en diversos puntos. Una localización central decrece las pérdidas por fricción y es importante para poder equilibrar presiones lo más posible. Cuando el tanque elevado se localiza en la periferia de la población a servir, da como resultado una pérdida de carga muy alta, para alcanzar el extremo opuesto, o más lejano por servir, en cambio si el tanque se localiza en un sitio céntrico de la población, las presiones son más uniformes, tanto en los periodos de mínima y máxima demanda (CONAGUA, 2003).

2.1.1.4. RED DE DISTRIBUCIÓN:

Es el conjunto de tuberías, accesorias y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicios o de distribución hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos.

La finalidad es proporcionar agua a los usuarios para consumo domestico, publico, industrial, comercial, y para condiciones como incendios, etc., se puede apreciar lo anterior en la figura 2.16.

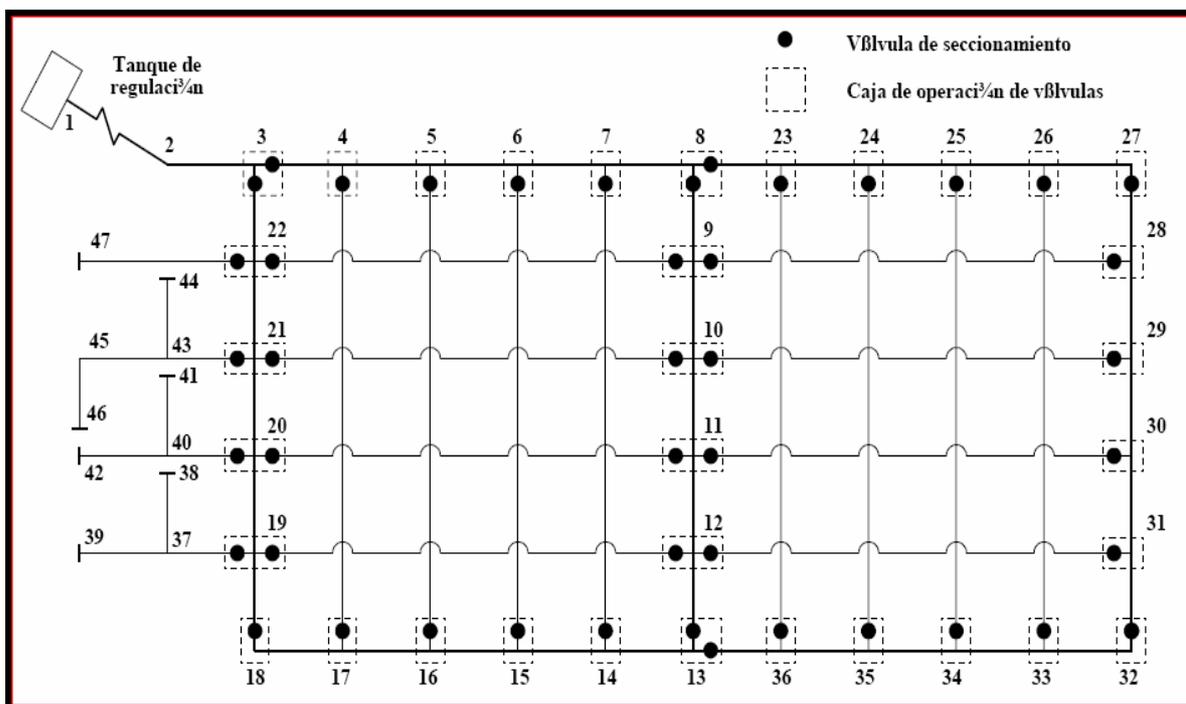


Figura 2.16 Esquema de una red de distribución

Muy importante es que la red debe proporcionar este servicio todo el tiempo, en cantidad, en calidad y con una presión adecuada.

Ahora bien, el diseño de una red de distribución incluye la determinación de los diámetros de las tuberías, las dimensiones y el emplazamiento de los tanques de regularización y almacenamiento, las características y la ubicación de los dispositivos de bombeo y control de presión. Estos deben seleccionarse de forma que se garanticen las demandas de agua con las presiones mínimas y máximas permisibles, asegurando así que no deterioren la operación de la red. Se considera que su diseño es óptimo cuando se asegura el costo de construcción, operación y mantenimiento de la red. Además de contemplar el costo de tuberías, tanques, bombas; debe considerarse el de la energía eléctrica para su operación. Una red de distribución puede ser de las siguientes formas. (Figura 2.17).



Figura 2.17 Sistemas de distribución de agua potable

A).-COMPONENTES DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN

La red de distribución se encuentra formada por:

a). Tuberías.- Son el conjunto de conductos de sección circular que se unen en diversos puntos que se les llama nudos o uniones. De acuerdo con su función, la red puede dividirse en red primaria y red secundaria. Cabe mencionar que a la tubería que conduce el agua desde el tanque de regulación hasta el punto donde inicia la red de distribución se le conoce como línea de alimentación, y es parte integral de la red primaria.

La división de la red de distribución en red primaria o secundaria, dependerá del tamaño de la red y de los diámetros de la tubería, así los diámetros mayores constituirán la red primaria, mientras que la secundaria la conformaran los de menor diámetro.

b). Piezas especiales.-Son todos aquellos accesorios que se emplean para llevar a cabo ramificaciones, intersecciones, cambios de dirección, modificaciones de diámetro, uniones de tubería de diferentes tipos de materiales, entre otros.

A las piezas o conjunto de accesorios especiales con los que conectados a la tubería se forman deflexiones pronunciadas, cambios de diámetro, derivaciones y ramificaciones se les llama cruceros.

c). Válvulas.- son accesorios que se utilizan para disminuir o evitar el paso del flujo en las tuberías, pueden ser clasificadas en dos categorías.

1.- De aislamiento o de seccionamiento, las cuales se utilizan para separar o cortar el flujo del resto del sistema de abastecimiento en ciertos tramos de tubería, bombas y dispositivos de control.

2.- De control, son utilizadas en para regular el gasto o la presión, facilitar la entrada de aire o la salida de sedimentos o aire atrapados en el sistema.

d). Hidrantes.- Se le llama así a la toma o conexión especial instalada en ciertos puntos de la red, con el propósito de abastecer de agua a varias familias (hidrante publico) o conectar una manguera o una bomba destinados a proveer de agua para combatir el fuego (hidrante contra incendio).

e). Tanques de distribución.- Es un deposito situado entre la captación y la red de distribución que tiene por objeto almacenar el agua proveniente de la fuente. El almacenamiento permite regular la distribución o prever fallas en el suministro.

Se le llama tanque de regulación cuando guarda cierto volumen adicional de agua para cierto volumen de agua para aquellas horas del día en que la demanda en la red sobrepasa al volumen suministrado por la fuente.

Una red de distribución puede ser suministrada por un número de tanques igual al mismo número de fuentes de captación.

f). Tomas domiciliarias.- Es el conjunto de piezas y tubos que permiten el abastecimiento desde una tubería de la red de distribución hasta el predio del usuario, aquí se considera también la instalación del medidor.

g).-Rebombeo.- Consisten en instalaciones de bombeo que se ubican generalmente en puntos intermedios de una línea de conducción y excepcionalmente dentro de una red de distribución. Cuando son ubicados dentro de la red de distribución, es por que se requiere, por ejemplo en:

Transferencia de agua de una línea ubicada en partes bajas de la red al tanque de regulación de una zona de servicio de una parte alta de la red.

Incremento de presión en una zona determinada mediante rebombeo directo a la red. Esta última opción se debe evitar en lo posible.

h). Cajas rompedoras de presión.- Son depósitos con superficie libre de agua y volumen relativamente pequeño, cuya función es romper la presión hidrostática y establecer un nuevo nivel estático aguas abajo.

En resumen la red de distribución de agua está constituida por un conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el líquido hasta las tomas domiciliarias o hidrantes públicos. A los usuarios (domésticos, públicos, industriales, comerciales); la red deberá proporcionarles el servicio las 24 horas de cada uno de los 365 días del año, en las cantidades adecuadas y con una presión satisfactoria. Ahora bien, el diseño de una red de distribución incluye la determinación de los diámetros de las tuberías, las dimensiones y el emplazamiento de los tanques de regularización y almacenamiento, las características y la ubicación de los dispositivos de bombeo y control de presión. Estos deben seleccionarse de forma que se garanticen las demandas de agua con las presiones mínimas y máximas permisibles, asegurando así que no deterioren la operación de la red. Esquemáticamente podemos apreciar que las condiciones matemáticas que se establecen, para poder calcular una red de distribución se tienen las siguientes ecuaciones (Cengel-Cimbala, 2006), ver figura 2.18.

ANÁLISIS Y DISEÑO DE REDES HIDRAULICAS
ECUACIONES QUE GOBIERNAN EL PROBLEMA

| | |
|--|------------------------------------|
| 1.-Ecuación de continuidad: | ecuación de nudo: $\sum Q = q$ |
| 2.-Ecuación de energía: | ecuación de circuito: $\sum h = 0$ |
| 3.-Ecuación de cantidad de movimiento: | perdida de energía: $h = KQ^n$ |

MÉTODOS DE ANÁLISIS:
Se conoce **D, L, C ó k, q**; se calcula **Q y/o h**.

- 1.- Balance de ecuación de circuito: met. de H. cross: $\Delta Q = -\frac{\sum h}{n \sum \frac{h}{Q}}$
- 2.- Balance de ecuación de nudo: met. de Cornish: $\Delta h = -n \frac{\sum Q - q}{\sum \frac{Q}{h}}$
- 3.- Balance ecuac. De nudo y circuito: met. de Newton-Raphson (Mc Ilroy)
- 4.- Balance ecuac. De nudo y circuito: met de la Teoría Lineal (D. Wood)
- 5.- Balance ecuac. De nudo y circuito: met. Del gradiente hidráulico (Ezio Todini & Enda O'Connell)

Figura 2.18 Ecuaciones de análisis y diseño de redes hidráulicas.

Ahora, una red también puede ser diseñada bajo condiciones de optimización, calibración, etcétera, bajo los métodos y términos que se ilustran en la figura 2.19

OPTIMIZACION DE REDES HIDRAULICAS CERRADAS:
 Diseño de la red, optimización, calibración de la red existente y la generación de reglas de operación necesarias para el control en tiempo real de la distribución de agua.

METODOS DE DISEÑO: Se conoce h o superficie de presión, L, C ó k, se calcula D_{optima} y Q

| | | |
|----------|--------------------------------|--|
| CONCEPTO | LONGITUD EQUIVALENTE (L_e) | METODO DE A. TONG $\Delta Q = + \frac{\Sigma L_e}{1.85 \Sigma (L_e/Q)}$ |
| | | METODO DE V. RAMAN & S. RAMAN $\Delta Q = + \frac{\Sigma (L_e/Q)}{2.85 \Sigma (L_e/Q)}$ |
| | DIAMETRO EQUIVALENTE (D_e) | METODO DE A.K. DEB & SARKAR $\Delta Q = \frac{A'}{(0.381m - 1) \Sigma (D_e^m / Q^2)} - \frac{\Sigma (D_e^m / Q)}{(0.381m - 1) \Sigma (D_e^m / Q^2)}$ |

ALGORITMOS GENETICOS, REDES NEURONALES, ETC..

OPTIMIZACION DE REDES HIDRAULICAS:

METODO DE I-PAI WU:

Inicialmente desarrollado para sistemas de riego a presión, Wu demostró que una serie de n tuberías con caudales laterales al final de cada una de ellas el costo es mínimo cuando la línea de gradiente hidráulica forma una curva cóncava hacia arriba con una flecha del 15% en el centro con respecto a la línea recta que une las cargas de energía al inicio y final de la serie.

Figura 2.19 Optimización de redes hidráulicas cerradas y abiertas

Como consecuencia de lo anteriormente planteado podemos afirmar que para el cálculo de una red de distribución podemos utilizar, lo siguiente:

Análisis de redes hidráulicas.

Aplicaciones y software

Para redes pequeñas se resuelven las ecuaciones generalizadas con:

- 1.- Calculadoras científicas programables
- 2.-Hojas de cálculo: excel, quattro plus, lotus,..etc
- 3.-Aplicaciones informáticas de matemáticas generales:
matlab, mathcad, tk solver, eureka, maple, etc.

Podemos ver que existen diversas formas de poder calcular una red de distribución, pero solo la que se adapte más a nuestro entorno y requisitos de cálculo, es la que se tiene que utilizar. Por lo tanto existen algunos requisitos, para una buena planeación del proyecto (figura 2.20).

- Dentro de la información necesaria para el diseño tenemos:
- 1.-Plano regulador, desarrollo urbano (zonificación, expansión urbana).
 - 2.- Plano topográfico.
 - 3.-Sistema de agua si es que lo hubiese.
 - 4.-Planos actualizados de otros servicios públicos (telefonía, electricidad, alcantarillado, gas, etc.).
 - 5.-Plano de pistas y veredas.
 - 6.-Estudios de geotecnia, geológicos y de mecánica de suelos., etc.
 - 7.- Estudios diversos, etc.,.

Figura 2.20 Datos básicos para el cálculo de una red de distribución de agua

2.1.2. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

A).-LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Cerca del 80% de la información tratada por instituciones y empresas publicas o privadas tienen en alguna medida relación con datos espaciales, lo que demuestra que la toma de decisiones depende en gran parte de la calidad, exactitud y actualidad de esta información espacial (Aronoff S., 1993). Los Sistemas de Información Geográfica, se han constituido durante los últimos diez años en una de las más importantes herramientas de trabajo para investigadores, analistas y planificadores, etcétera; en todas sus actividades que tienen como insumo el manejo de la información (Bases de Datos), relacionada con diversos niveles de agregación espacial o territorial, lo cual genera la necesidad, de que estos usuarios de información espacial conozcan acerca de esta tecnología. Aunque los Sistemas de Información Geográfica (SIG), tienen gran capacidad de análisis, estos no pueden existir por si mismos, debe haber una organización, personal y equipamiento para la implementación y mantenimiento del SIG, adicionalmente tiene que estar cumpliendo un objetivo y se debe garantizar recursos para su mantenimiento.

Un análisis en los SIG puede tener (recuperación, superposición, vecindad, conectividad). (Aronoff, S. 1989).

Entre los componentes de un SIG, puede estar (hardware, software, información, personal, métodos), algunas de las tecnologías relacionadas puede ser el (mapeo de escritorio, herramientas CAD, sensores remotos, sistemas manejadores de bases de datos (SMBD), y por consiguiente las aplicaciones de los SIG, pueden estar en los siguientes campos (cartografía automatizada, en infraestructuras, gestión territorial, medio ambiente, equipamiento social, recursos mineros, tráfico, demografía, bibliografía (Antecedentes).

Los (SIG) pueden constituirse por las siguientes fases en su desarrollo (Bosque, J. et al., 1994) como son.

Antecedentes, Definición, Importancia de los SIG, Construcción de un SIG, Funcionamiento de los SIG, y Los SIG pueden llegar a permitir:

2.1.2.1 ANTECEDENTES

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Dándose cuenta de que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, si no que guardaban algún tipo de relación, se hizo latente la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo, era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos. Luego, esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática, con el objeto de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema de cuadrícula (trama). Pero, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica. A finales de los años 70's la tecnología del uso de ordenadores, progreso rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la edafología, la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provoco una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que se aumentaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales. A principios de los años 80's, los SIG se habían convertido en un sistema plenamente operativo, a medida de que la tecnología de los ordenadores se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, en laboratorios de investigación, en instituciones académicas, en la industria y en instalaciones militares y públicas. (Bosque J. et al., 1998).

2.1.2.2. DEFINICIÓN

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Bosque Sendra J.,1997). Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras su funcionalidad y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la biodiversidad.

2.1.2.3. COMPONENTES DE UN SIG

Los componentes de un SIG pueden dividirse en varias partes (Cámara G, y Otros, 1998):

Hardware: Los SIG corren en un amplio rango de tipos de computadoras desde equipos centralizados hasta configuraciones individuales o de red, una organización requiere de hardware suficientemente específico para cumplir con las necesidades de aplicación.

Software: Los programas SIG proveen las herramientas y funcionalidades necesarias para almacenar, analizar y mostrar información geográfica, los componentes principales del software SIG son:

Sistema de manejo de base de datos.

Una interfase grafica de usuarios (GUI) para el fácil acceso a las herramientas.

Herramientas para captura y manejo de información geográfica.

Herramientas para soporte de consultas, análisis y visualización de datos geográficos.

Información: El componente más importante para un SIG es la información, ya que se

requiere de adecuados datos de soporte para que el SIG pueda resolver los problemas y contestar a preguntas de la forma mas acertada posible. La consecución de datos correctos generalmente absorbe entre un 60 y 80% del presupuesto de implementación del SIG, y la recolección de los datos es un proceso largo que frecuentemente demora el desarrollo de productos que son de utilidad. Los datos geográficos y alfanuméricos pueden obtenerse por recursos propios u obtenerse a través de proveedores de datos.

Personal: Las tecnologías SIG son de valor limitado si no se cuenta con los especialistas en manejar el sistema y desarrollar planes de implementación del mismo. Sin el personal experto en su desarrollo, la información se desactualiza y se maneja erróneamente, el hardware y el software no se manipula en todo su potencial.

Métodos: Para que un SIG tenga una implementación exitosa debe basarse en un buen diseño y reglas de actividad definidas, que son los modelos y prácticas operativas exclusivas en cada organización.

Los programas SIG tienen una serie de funciones diseñadas para la gestión de información geográfica, captura, registro y almacenamiento de datos: el paso de información analógica, en papel, a formato digital de una computadora; esto se puede realizar de varias maneras como digitalización, vectorización, importación y otras.

2.1.2.4. IMPORTANCIA DE LOS SIG

Las soluciones para muchos problemas, frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG, permite almacenar y manipular información geográfica y analizar patrones, relaciones, y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

Entre las cuestiones comunes a las podría responder un SIG, encontramos, las siguientes preguntas (De Almeida A. Christofolletti A, 1999).

Localización ¿Qué hay en.....?, Condición ¿Dónde sucede que.....?, Tendencias ¿Qué ha cambiado.....?, Rutas ¿Cuál es el camino óptimo.....?, Pautas ¿Qué pautas existen.....?, Modelos ¿Qué ocurriría si.....?

Estas cuestiones son de interés primordial en actividades relacionadas con la planificación. De esta forma podemos contribuir en la planificación de actividades destinadas a la preservación de los recursos naturales. Toda la generación de nueva información que puede proveer un SIG depende significativamente de la información que posee la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y sus contenidos determinan la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG.

2.1.2.5. CONSTRUCCIÓN DE UN SIG

La construcción e implementación de un SIG, en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implementación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información. Pero en los SIG, además, hay que considerar las características especiales de los datos que utiliza y sus correspondientes procesos de actualización. Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera. Los esfuerzos y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, ni tampoco es una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para nuestro propósito (Laudon Kenneth C., 1996).

En cuanto al funcionamiento de los SIG; la información geográfica contiene una referencia geográfica explícita, como latitud y longitud o una referencia implícita, como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación. Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo raster. El modelo raster ha evolucionado para modelar tales características continuas. Una imagen raster comprende una colección de celdas (píxel) de una malla más, como un mapa o una figura escaneada. Ambos modelos son para almacenar datos geográficos y tienen ventajas y desventajas únicas y los SIG modernos pueden manejar varios tipos. En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas x, y. La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto x, y. Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas x, y. Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas. El modelo vector es extremadamente útil para describir características discretas, pero menos útil para describir características de variación continua (Kendall Kenneth E., 1991).

Estos sistemas de información geográfica pueden llegar a permitir que se puedan realizar un gran número de manipulaciones, sobresaliendo las superposiciones de mapas, transformaciones de escala, la representación gráfica y la gestión de bases de

datos. Consultar rápidamente las bases de datos, tanto espacial como alfanumérica, almacenadas en el sistema. Realizar pruebas analíticas rápidas y repetir modelos conceptuales en despliegue espacial. Comparar eficazmente los datos espaciales a través del tiempo (análisis temporal). Efectuar algunos análisis, de forma rápida que hechos manualmente resultarían largos y molestos. Integrar en el futuro, otro tipo de información complementaria que se considere relevante y que esté relacionada con la base de datos nativa u original.

2.1.2.6. ANÁLISIS EN LOS SIG

Las funciones de análisis que tratan conjuntamente los datos cartográficos y sus atributos temáticos; se identifican cuatro grupos de funciones (Chuvieco Emilio,1990).

- 1.-Recuperación.
- 2.-Superposición.
- 3.-Vecindad.
- 4.-Conectividad

1.-Recuperación. Pueden llevarse a cabo labores de:

Recuperación filtrada de datos, consulta e interrogación de la base de datos y reclasificación, así como mediciones y la estadística de los datos llevada a cabo.

2.-Superposición. Como su nombre lo dice, labores de superposición de datos, atributos, valores, tablas, superposición geométrica de áreas, superposición lógica de atributos de alguna entidad, superposición aritmética de atributos de un área específica o zona en estudio.

3.-Vecindad. Se refiere a la cercanía de valores o atributos cercanos o contiguos, contenido en áreas, filtrado en zonas específicas, poligonación o polígonos Thiessen de ciertos valores de datos o áreas, generación de isolíneas e interpolación de datos de valores o atributos.

4.-Conectividad. Casos de contigüidad, proximidad, difusión espacial, análisis de redes de datos o atributos de ciertos valores dados.

(Ruta óptima, análisis de accesibilidad, modelo de accesibilidad, visibilidad).

2.1.2.7. LOS DATOS GEOGRÁFICOS

1.-LOS ELEMENTOS DE LOS DATOS: VARIABLE Y OBSERVACIÓN (SOPORTE)

Un sistema de Información geográfica es un mecanismo informático para manejar información de datos; es decir, para facilitar el entendimiento de los fenómenos espaciales (Moldes teo Javier, 1995).

Este entendimiento está basado en los datos o los antecedentes necesarios para el conocimiento exacto de una cosa. Por ello parece necesaria una discusión inicial sobre las específicas características de los datos espaciales o georeferenciados.

Un dato geográfico se puede descomponer conceptualmente en dos elementos, por un lado, la observación o soporte; una entidad de la realidad sobre la cual se observa un fenómeno; por otra la variable o atributo temático, que puede ser cualquier hecho, que adopte diferentes modalidades en cada observación. Es decir, que los objetos espaciales están dotados de propiedades intrínsecas las cuales se pueden medir; cada una de ellas constituye una variable o atributo temático asociado a un objeto. Los dos tipos de elementos, observaciones soporte y variables temáticas tienen que ser manejados por un Sistema de información Geográfica.

Esta definición de dato, con los dos elementos citados, coincide con la que se puede efectuar en cualquier otra disciplina, los datos sociológicos, económicos, biológicos, etc., comparten esta situación (Senn James A., 2000). Lo que diferencia más específicamente a la Geografía y a sus datos de lo que ocurre en otras ciencias, es la circunstancia de que el soporte, la unidad de observación de los datos geográficos está localizado en el espacio, lo que constituye una cuestión esencial del enfoque analítico de la geografía y de las propiedades de los SIG (Bosque Sendra J., 1997).

Por otra parte, las unidades de observación geográficas se pueden subdividir en dos grandes tipos: naturales y artificiales

Las unidades de observación naturales son aquellas donde la referencia espacial, es intrínseca al propio hecho, variable observado, por ejemplo. La subdivisión del espacio por usos del suelo. En este caso el trazado de los límites depende de las propias características del fenómeno analizado. Por otra parte existen las unidades de observación artificial generalmente creadas por el hombre, en las cuales la referencia

espacial es extrínseca y ajena a los fenómenos o variables temáticas medidas en ellas. El mejor ejemplo es la partición del espacio en unidades administrativas, en este caso no existe ninguna razón natural para establecer unas u otras fronteras de separación. La definición humana de límites espaciales es siempre arbitraria. En cualquier caso, un sistema de información geográfica debe estar capacitado para utilizar cualquiera de los dos tipos y ser capaz, en lo posible, de controlar los diferentes problemas que surjan de sus diferencias (Bosque Sendra J., 1997).

2.- LA COMPONENTE ESPACIAL DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Tanto en la geografía como en un SIG, lo decisivo es que las observaciones son objetos situados en el espacio. Una cuestión importante es especificar cuales son los componentes de esta situación espacial de un objeto geográfico (Barredo Cano José Ignacio, 1996). Nuevamente se puede considerar que, a su vez, tiene dos aspectos: la localización geométrica o absoluta en relación a algún sistema de referencia exterior y las relaciones topológicas cualitativas que mantiene con otros objetos espaciales. Este tipo de información espacial es muy importante y útil, no sólo para la actividad real de una persona en el espacio, también es necesario en el funcionamiento de un sistema de información geográfica, sus operaciones. De hecho, se puede considerar que una diferencia clave entre un SIG y un programa de cartografía asistida por computadora estriba, precisamente, en la información topológica incluida en la base de datos de un SIG, la que le facilita desarrollar análisis y operaciones complejas con los datos espaciales. Por el contrario, un programa de cartografía sólo emplea la referenciación absoluta para preparar los mapas.

En conclusión, un sistema de información geográfica debe estar en condiciones de manejar tanto las características espaciales de los objetos geográficos (la geometría o localización absoluta y la topología o relaciones cualitativas entre ellos) como los aspectos temáticos asociados a los objetos o unidades de observación (Gutiérrez Puebla Javier, 1994).

3.- LA DESCRIPCIÓN DE LA COMPONENTE TEMÁTICA (ESTADÍSTICA), DE LOS ASPECTOS ESPACIALES (ANÁLISIS ESPACIAL) Y DE LA INTERACCIÓN ENTRE LAS DOS (SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA).

La existencia de dos tipos de elementos en un dato geográfico, el aspecto espacial y el temático, ocasiona que el análisis de los datos geográficos se pueda plantear desde tres

perspectivas diferentes (Bosque Sendra J., 1997).

Considerando únicamente el aspecto temático, y haciendo abstracción de que los objetos en los cuales se han medido las variables son espaciales, se pueden estudiar los hechos desde una perspectiva puramente estadística o de análisis de datos, usando para ello la gran variedad de procedimientos disponibles en este sentido. Muchos de ellos han sido desarrollados para otro tipo de datos y, después, han sido importados a la geografía sin ninguna variación, lo que ocasiona bastantes problemas.

En segundo lugar, es posible considerar, aisladamente, el aspecto espacial de los datos Geográficos y estudiar sus características geométricas puras. En este sentido, la geografía ha desarrollado procedimientos de interés que constituyen, en parte, el denominado análisis espacial

Finalmente, lo más oportuno y completo es el estudio simultáneo de los dos aspectos, el temático y el espacial, pues es evidente que ambos interaccionan. Los SIG constituyen una herramienta de primer orden en este sentido y facilitan el desarrollo completo del ya citado análisis espacial y, además, lo que se denomina, el modelado cartográfico (Cebrián, J., 1992). Este último es el estudio simultáneo de varias variables temáticas y de las características espaciales de los objetos soporte donde se han observado dichas variables.

4.- MAPAS E INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.

El mapa tradicional constituye la primera fuente de datos para un SIG y, en buena parte, es el origen de la organización y la estructura básica de los SIG. Por esto, parece necesario dedicar un poco de atención a su definición y a sus características antes de iniciar un estudio de los SIG.

La utilidad de un mapa es muy amplia y variada; almacena de un modo económico grandes cantidades de datos, y lo hace de tal modo que permite y facilita ciertos tipos de análisis de la estructura espacial de la información en él contenida (Díaz Cisneros L., 1992).

A) Mapa tradicional y un SIG

Los aspectos que se pueden distinguir en un mapa coinciden esencialmente con los que antes se han mencionado en los datos geográficos. Así, por un lado está la componente espacial de los datos geográficos, con sus dos elementos constituyentes: la localización geométrica de los hechos sobre la superficie del mapa, que se refleja,

generalmente, en unos ejes de coordenadas ortogonales: X e Y, Este-Oeste y Norte-Sur, en relación a los cuales se establece la posición absoluta de cada punto y las relaciones topológicas entre los objetos geográficos existentes en el mapa; conectividad, contigüidad, proximidad-lejanía, inclusión, etcétera; representadas en los mapas tradicionales de un modo implícito, pero muy claro para los usuarios humanos. Las ideas topológicas, aunque cualitativas resultan como ya se ha indicado, de gran importancia.

El segundo aspecto es la información temática contenida en el mapa, que se puede considerar está referida a un tercer eje perpendicular a los otros dos y al que se le suele designar la letra Z.

La información recogida en un mapa se puede definir, por tanto, en relación a los dos aspectos mencionados, los tipos de objetos o unidades de observación (el contenedor), y las diversas formas en que se mide u observa la característica temática, es decir, el contenido. De este modo se puede establecer una tipología de los mapas (Comas, D. y Ruiz, E, 1993).

B) Tipos de mapas

Se suele diferenciar, inicialmente, entre mapas de base-referencia y mapas temáticos.

En los primeros la información temática contenida es amplia, extensa y variada, representándose en ellos varios hechos simultáneamente. Su finalidad principal es proporcionar la localización de alguna característica. Un buen ejemplo de ellos es el mapa de carreteras de los ampliamente empleados en la vida cotidiana.

Los mapas temáticos, por su parte, contienen una menor cantidad de información, generalmente referida a una sola variable o tema. Su objetivo básico es facilitar el conocimiento de la estructura espacial de la variable representada y la información sobre la mera localización de un hecho es de menor relevancia.

Por otra parte, en función de los dos elementos que se han diferenciado en los datos geográficos, los mapas se clasifican en varios tipos a partir de dos criterios diferenciadores (Gámir, A., Ruiz, M. y Seguí Pons, J., M 1994):

- El tipo concreto de información temática contenida en el mapa, que es diferente según el nivel de medida empleado en su obtención.
- Las características topológicas de las unidades de observación en las cuales se ha medido la información temática.

2.1.2.8. MEDICIÓN DE LA INFORMACIÓN TEMÁTICA:

ESCALAS DE MEDIDA

El proceso de medida de un hecho empírico, es el conjunto de procedimientos que permite asignar símbolos (normalmente numéricos) a las distintas variantes que adopta una característica (una variable) en cada unidad de observación; así pues, se puede decir que ese número representa el valor de una cualidad de esa unidad de observación. La medición pone en relación a dos mundos diferentes; uno físico, en el cual el hombre puede realizar observaciones, con otro mundo formalizado y teórico; donde sólo se manejan relaciones abstractas y lógicas (Aronoff S. ,1989). Esta actividad de medida es necesaria para la elaboración de un mapa y de un sistema de información geográfica, pues en ellos la información temática está expresada de manera simbólica y, en muchas ocasiones, numérica. No obstante, los hechos de la realidad son muy diferentes y variados y no es posible medirlos es decir, representar numéricamente sus cualidades con el mismo rasero. Por ello, se ha hecho necesario formular varias escalas de medida, cada una adaptada a las propiedades de alguna (o algunas) variables de la realidad. Las escalas de medida difieren en el número de relaciones matemáticas que es posible establecer entre las modalidades o variantes de una característica real; en concreto, se pueden enumerar cuatro escalas o niveles de medida: nominal, ordinal, de intervalos y de razón.

A) Escala nominal

El primer nivel de medida es el nominal, donde la única relación que se establece entre las variantes de la característica estudiada es la de ser iguales o diferentes. Sobre una característica observada en dos objetos espaciales lo único que se puede afirmar es que es igual en los dos objetos, o que es diferente. Los hechos de este tipo son muy habituales en geografía y en el resto de las ciencias sociales. Por ejemplo, la característica sexo medida en las personas pertenece a este tipo. Sobre dos individuos sólo podemos decir, en cuanto al sexo, si pertenecen o no a la misma variante (Hombre/Mujer). En el caso de las variables habitualmente representadas en los mapas temáticos, un ejemplo de escala nominal es un mapa de puntos donde éstos pueden representar (en función del símbolo concreto que se emplea) ya sea ciudades (un punto redondo), ya sea pozos de petróleo (un punto cuadrado), ya sea estaciones

meteorológicas (un triángulo), etc. En este caso, las unidades de observación geográficas son los puntos mencionados y la variable se podría denominar tipos de construcciones humanas. Por lo tanto, la escala nominal es de carácter exclusivamente cualitativo.

B) Escala ordinal

El segundo nivel de medida es el ordinal. Ahora las relaciones que se pueden establecer entre las modalidades de una variable empírica son dos: por un lado, la ya conocida igualdad/desigualdad de la escala nominal; pero además, también es posible decir si una modalidad es mayor/menor que otra modalidad de la variable. En este caso las variables medidas en la escala ordinal son tales que además de diferenciar entre las modalidades de ellas como ocurría en el nivel anterior, es posible establecer un juicio comparativo del orden de magnitud de la diferencia existente entre cada dos modalidades y de ese modo afirmar si una variante es mayor o menor que la otra.

C) Escala de intervalos

Entre las modalidades de una variable observada es posible establecer hasta tres relaciones matemáticas, la desigualdad/igualdad, la de mayor/menor y la capacidad de asignar valores numéricos a las distancias/diferencias entre dos modalidades de la variable. Será necesario establecer una unidad empírica de medida en la distancia entre dos modalidades de la variable, al igual que se fijara un cero u origen de la medición, el cual se establecerá arbitrariamente en una modalidad concreta.

D) Escala de razón

El último nivel de medida que es común considerar es el de razón. En este caso, a las tres relaciones antes mencionadas: igualdad/desigualdad, mayor/menor que, número de unidades contenidas en la diferencia entre dos modalidades, Se añade la posibilidad de que en una variable se determinen cuántas unidades de medida existen entre una modalidad y un punto cero u origen absoluto de la variable. De este modo, es posible averiguar cuántas veces la modalidad A es mayor que la B, es decir cuántas unidades de medida está esa modalidad más alejada que la otra del punto origen.

2.1.2.9. TIPOS DE UNIDADES DE OBSERVACIÓN: DIMENSIONES TOPOLÓGICAS DE LOS OBJETOS GEOGRÁFICOS.

A continuación se estudia un problema específico del análisis geográfico y cartográfico de la información. La cuestión estriba en los distintos tipos de unidades de observación espacial que es posible distinguir en la realidad, o sobre un mapa, en función de las propiedades geométricas/topológicas de las entidades geográficas, muy en concreto de las dimensiones espaciales de cada unidad de observación (Senn James A., 2000). Generalmente se suele diferenciar entre objetos puntuales (con cero dimensiones topológicas); líneas (una dimensión), polígonos (dos dimensiones) y volúmenes/superficies) (tres dimensiones) (Bosque Sendra J., 1997).

Lo primero que debe recordarse es que esta cuestión depende de la escala del mapa; un mismo objeto varía sus dimensiones topológicas si se representa en mapas de distinta escala, por ejemplo, una ciudad en un mapa de pequeña escala 1: 1,000,000 se indica mediante un punto (cero dimensiones) debido a que la relación entre la superficie ocupada por la ciudad y la representada en todo el mapa es mucho menor de 1; por el contrario, en un mapa de escala grande 1 :50,000, la misma ciudad se representa como un objeto poligonal, ya que ahora la superficie ocupada por la ciudad y la que se representa en el mapa son más semejantes y su relación mucho más cercana a 1. Por lo tanto, en cada escala de representación se tienen distintos mapas de puntos, líneas, áreas, etc.

En un mapa topográfico 1:50,000 por ejemplo, se diferencian unidades de observación de los distintos tipos mencionados. Los objetos puntuales pueden ser las casas rurales mostradas con un cuadrado, o los vértices geodésicos indicados con un triángulo. Los objetos lineales son las carreteras y caminos, o los cursos de los ríos o canales. Los de tipo poligonal serían, por ejemplo, las distintas regiones del mapa diferenciadas por el tipo de ocupación del suelo que sobre cada una de ellas se asienta: regiones con monte bajo, con bosque, etc.

Los objetos de tipo volumen-superficie son los menos intuitivos de los cuatro que se han establecido anteriormente.

En el mismo mapa topográfico del ejemplo anterior, las curvas de nivel representan un objeto en tres dimensiones (un volumen), Como es sabido, las mencionadas curvas se

trazan uniendo los puntos del área representada que tienen la misma altitud sobre el nivel del mar (Bosque Sendra J., 1997).

En resumen, en los mapas temáticos existen objetos (unidades de observación) con distinto número de dimensiones geométricas, desde cero hasta tres, lo que evidentemente proporciona distintas propiedades a cada uno de estos mapas. Por lo tanto, será necesario utilizar técnicas de análisis diferentes con cada uno de ellos.

Los dos criterios considerados, nivel de medida de la variable y las características topológicas de los objetos en que dichas variables se han medido, no actúan aisladamente; realmente la tipología de mapas que se pueden observar es un resultado de combinar los dos criterios. Esto origina tres o cuatro posibilidades, en función de que separemos o no el nivel de intervalo de razón.

LA OBTENCIÓN DE LOS DATOS GEOGRÁFICOS

Una cuestión fundamental y previa a la utilización de cualquier Sistema de Información Geográfica es la disponibilidad de datos geográficos para introducir en la computadora y después analizar (Cubillo Francisco, 1997). En realidad, esta cuestión es la más ardua y difícil. La primera solución es la búsqueda y obtención directa de los datos por el usuario, evidentemente esta opción tiene la enorme ventaja de que se pueden controlar desde el comienzo todas las características de la información que se va a recolectar, eliminando todo tipo de ineficiencias y redundancias. La contrapartida de esto es el gran incremento de costos para la reunión y obtención de una masa importante de datos. Un posible ahorro es el empleo de los procedimientos de muestreo espacial, que pueden facilitar resultados válidos para toda la población a un costo reducido. Pero esto no es posible en todas las ocasiones y en cualquier caso requiere unos conocimientos y procedimientos técnicos más exigentes y precisos. Por otra parte, en ciertas cuestiones, cada vez más numerosas, es posible recurrir a los datos proporcionados por los sensores remotos, que se constituyen así en una fuente fundamental de información para un SIG.

A) El uso de datos secundarios:

Más habitual que la obtención directa de los datos es recurrir a las fuentes de información ya existentes, a los datos secundarios, en especial por la mucha menor carestía de su empleo. En este caso, los problemas principales se refieren a la no

completa adecuación de los datos disponibles a las exigencias concretas, los errores a veces incontrolados que estas fuentes secundarias ocultan.

B).- la representación digital de los datos geográficos:

1.-MAPA TRADICIONAL Y FORMATO ANALOGICO. LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EL FORMATO DIGITAL.

El mapa tradicional es una representación analógica (o continua) de la realidad por lo tanto; no esta adaptado para ser procesado por una computadora que utiliza datos en formato digital (discreto). Por ello el primer paso que es necesario realizar para introducir los datos en un SIG, es su conversión al formato digital (Comas D. y Ruiz E., 1993). Lo mas problemático de el proceso es la representación en esta forma de la componente espacial de los datos geográficos.

La correcta representación digital de los datos espaciales necesita resolución de dos cuestiones, la geocodificación de los datos y la descripción en términos digitales de las características espaciales. La primera consiste en un procedimiento mediante el cual un objeto geográfico recibe directa o indirectamente una etiqueta que identifica su posición espacial con respecto a algún punto común o marco de referencia.

En un segundo lugar, se debe realizar una descripción de la posición geométrica de cada objeto y de las relaciones espaciales (la topología) que mantiene con los restantes objetos geográficos existentes en la realidad a estudiar. Para llevar a cabo esta última labor es imprescindible una abstracción y simplificación de todos los elementos existentes, es decir, crear un modelo de datos de los objetos a representar digitalmente.

2.- GEOCODIFICACIÓN DE LOS OBJETOS GEOGRÁFICOS.

El proceso de geocodificación que determina la localización espacial de cada objeto geográfico es posible llevarlo a cabo de dos modos diferentes. En forma directa, usando para ello un sistema de ejes coordenados respecto a los que se determina la posición absoluta de cada lugar y en modo indirecto otorgando a cada objeto una dirección o referencia espacial que lo diferencia de los restantes y permite establecer su posición relativa respecto a los demás.

A) Geocodificación en forma directa. Sistemas de coordenadas.

Se establecen unos ejes de coordenadas ortogonales, respecto a los cuales se miden las separaciones de los objetos a geocodificar. Existen varios tipos de sistemas de

coordenadas terrestres. Las esféricas que son adecuadas para los datos espaciales de orden global, que abarcan la totalidad o la mayoría de la superficie del planeta y planas que son válidas para porciones más o menos reducidas de la superficie terrestre.

Un aspecto importante del uso de un sistema de coordenadas para geocodificar es el problema de la precisión de las coordenadas. Este hecho depende del número de dígitos significativos empleados, es decir, de cuantos dígitos, de todos los que definen una coordenada, son almacenados en la computadora. Su establecimiento depende de dos aspectos: el tamaño del área de estudio y la resolución que se desee o se pueda emplear en la medida de las coordenadas. Así por ejemplo, una superficie de 10 Km. de lado, y en la cual las coordenadas de los objetos se midan con una resolución de un metro, puede tener valores de coordenadas que oscilen entre 0 y 10,000 (10^4) que necesita una precisión de cuatro dígitos significativos. Si el programa de computadora sólo puede guardar tres de ellos, la precisión posible de las coordenadas sólo será de 10 metros.

B) Transformación lineal entre sistemas de coordenadas: rotación, traslación, cambio de escala, reflexión.

En numerosas ocasiones es necesario hacer transformaciones entre dos sistemas de coordenadas de manera que los objetos espaciales cuyas posiciones espaciales han sido registradas en un sistema de ejes, pasen de modo correcto a otro diferente.

Existen varios métodos para realizar esta transformación; un primer grupo de modificaciones son las denominadas lineales o afines, en este caso los cambios mantienen las líneas rectas del sistema origen como rectas en el sistema de coordenadas destino. Con este planteamiento general se pueden diferenciar varias modalidades básicas y elementales (Bosque Sendra J., 1997).

Rotación: Existen dos sistemas de ejes de coordenadas, el original y el de destino, en los dos el mismo punto actúa como origen de los dos sistemas de ejes, pero la posición del sistema destino se encuentra girado un ángulo G cualquiera en relación a la situación inicial.

Traslación: En este caso el origen de coordenadas del sistema final está movido una distancia cualquiera y formando un ángulo G cualquiera con el eje x del sistema original de coordenadas.

Cambio de escala: En este caso la modificación consiste en una variación de las unidades empleadas en las escalas de uno o de los dos ejes del nuevo sistema de

coordenadas. En muchos casos la operación que es necesario realizar es justamente la opuesta a las anteriores, es común que se tengan dos tipos de mapas, en el cual cada uno está representado por un sistema de coordenadas y es necesario pasar uno al sistema del otro. En cualquier caso, la transformación que se requiere es del tipo lineal.

Cuando estas transformaciones no siguen una recta se dice que se requiere de una transformación curvilínea.

C) Determinación de la transformación lineal necesaria para pasar de un mapa a otro diferente.

En muchas ocasiones la operación que es necesario realizar es justamente la opuesta, a las anteriores. Normalmente, se dispone de dos mapas de la misma zona, pero cada uno de ellos está representado en un sistema de coordenadas diferentes y es necesario pasar uno de los mapas al sistema de coordenadas del otro, sin que se conozca bien cuál es la transformación necesaria para realizarlo. En cualquier caso, se acepta que la transformación que se necesita es de tipo lineal.

D) Geocodificación indirecta.

La geocodificación indirecta asigna una dirección o nombre a cada lugar, de este modo cada objeto geográfico está diferenciado de los restantes y podemos establecer su posición relativa. La dirección postal de una persona es un caso de georeferenciación indirecta. Otro buen ejemplo es el sistema de los censos de población, donde los datos están referidos a las secciones censales, cuyas posiciones espaciales son diferentes, aunque, como ya se ha dicho, no se sepa, en muchas ocasiones, con total exactitud su localización absoluta en el espacio.

2.1.2.10. REPRESENTACIÓN VECTORIAL DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL

Definición general:

El modelo vectorial representa los objetos espaciales codificando, de modo explícito, sus fronteras (el límite o perímetro que separa el objeto del entorno) Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman.

De este modo los objetos puntuales (dimensión topológica; cero) se representan mediante un par de coordenadas, la X y la Y de la posición del objeto. Los lineales (dimensión topológica, 1) se aproximan mediante el trazado de segmentos lineales que se cruzan en vértices, y se representan mediante las coordenadas X e Y de esos vértices.

Finalmente, los polígonos (de dimensión topológica 2) se codifican aproximando sus fronteras mediante segmentos lineales que se cortan igualmente en vértices.

El elemento fundamental de referencia en este tipo de representación es el segmento lineal, delimitado por dos vértices, esto es válido en general si se admite que un punto es una línea de longitud cero. Por lo tanto, en la representación vectorial el elemento esencial es la línea o segmento recto.

2.1.2.11. REPRESENTACIÓN RASTER DE LA INFORMACIÓN ESPACIAL.

Este es el modelo dual lógico del anterior planteamiento vectorial, en vez de codificar las fronteras de los objetos, se registra el interior y sus límites quedan implícitamente representados.

Para realizar este tipo de codificación se superpone al mapa analógico fuente una rejilla de unidades regulares, de igual forma y tamaño, y en cada unidad de la rejilla se registra el valor que el mapa analógico adopta.

La rejilla puede adoptar tres tipos de forma, mismos que son:

Cuadrados-rectángulos

Triángulos regulares

Hexágonos

En cuanto a la rejilla en sus dimensiones cuánto más pequeña sea, mayor será la precisión de la representación digital del mapa. La representación raster se basa en una codificación discreta de las coordenadas, las posiciones de los objetos no se establecen con total exactitud y precisión y siempre se aproximan a una posición entera próxima.

A) Estructuras de datos raster.

Se pueden establecer, varias estructuras de datos para la organización raster. Las diferencias entre ellas estriban en cómo se almacena la información registrada en este modelo de datos.

Enumeración exhaustiva. El valor de cada una de las unidades de la rejilla se registra individualmente, lo que supone una gran abundancia de información que es, en muchos casos, reiterativa, porque el mismo valor numérico aparece en muchos píxeles, en especial en trozos contiguos del mapa.

Codificación run-length. En un mapa raster lo usual es que muchos píxeles de una misma fila o de una misma columna tengan el mismo valor, por ello se ha ideado un sistema de codificación que compara la información del mapa raster. El procedimiento consiste en recoger para cada fila el valor temático que existe y las columnas entre las cuales se produce. Si existen varios valores en una fila, primero se indica el que aparece en primer lugar, desde que columna empieza y hasta que columna llega, después el segundo valor y las columnas donde empieza y donde termina.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA TIPO DE REPRESENTACIÓN: VECTORIAL FRENTE A RASTER.

La comparación entre los dos modelos de datos mencionados se refiere sobre todo al volumen de almacenamiento, calidad de la representación gráfica, exhaustividad de la representación y facilidad de proceso (Díaz Cisneros L. ,1992).

La representación vectorial es más adecuada para la realización de gráficos y mapas precisos y sobre todo, está más de acuerdo con la cartografía tradicional y, por ello, resulta mas intuitiva (Bosque Sendra J., 1997). Es mas compacta en cuanto al volumen de almacenamiento que necesita y mas exhaustiva la información disponible, ya que la topología está descrita más completa y explícitamente. Ciertas operaciones de análisis espacial son más sencillas y rápidas de realizar con la organización vectorial de tipo arco/nodo. Pero estas ventajas se consiguen a partir de una organización de los datos muy compleja y que determina cálculos largos y complicados, muy laboriosos de realizar para actualizar la base de datos, cualquier cambio determina la necesidad de modificar muchos elementos.

Por otro lado, la realización de buenos gráficos exige disponer de aparatos complejos y caros: trazadores de curvas, etc.

El modelo raster tiene, por su parte una organización muy simple de los datos, que permite realizar con gran facilidad procesos de análisis. Por ejemplo, la superposición de mapas es muy sencilla y fácil de programar mediante operaciones con matrices. Sus gráficos, aunque deficientes se pueden realizar con dispositivos económicos, como por ejemplo la impresora matricial. Su principal inconveniente es el gran volumen de almacenamiento que requiere, en especial si es necesario disponer de una representación muy precisa, lo que exige disminuir el tamaño del píxel y como consecuencia aumentar el número de columnas y filas del mapa. Un último punto es que no reconoce explícitamente la existencia de objetos geográficos y por lo tanto en las aplicaciones en que sea esencial su empleo, tiene pocas posibilidades de ser utilizado.

2.1.2.12. COMPONENTES FÍSICOS (HARDWARE) Y LÓGICOS (SOFTWARE) DE UN SIG.

Un Sistema de Información Geográfica es, en esencia, un programa para computadora y, por ello, es necesario conocer algunos de los componentes que constituyen la tecnología informática.

1.-LA CODIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN EN LA COMPUTADORA.

La computadora es una máquina para procesar y manejar información. Para hacerlo la información tiene que ser codificada, es decir, representada en símbolos entendidos por el equipo. El código empleado por las computadoras se basa en un sistema binario, es decir su elemento fundamental solo puede aceptar dos valores. Es a través de este principio que se establecen una serie de unidades que son útiles para codificar

a) Unidades de medida y codificación de la información.

El bit constituye la unidad mínima de información, el elemento fundamental en un sistema binario y solo tiene dos estados posibles: 1/0, blanco/negro. El bit tiene un correlato físico en algún dispositivo que puede adoptar dos estados diferentes, por ejemplo, estar imantado en un sentido o en el contrario.

La utilización simultánea de 8 bits forma el siguiente escalón, denominado byte.

Con 8 bits, cada uno de los cuales puede adoptar dos posiciones 1/0, el número de variantes es de 28, es decir 256 combinaciones diferentes. Asignando a cada una de ellas un carácter concreto, de los que se desea utilizar para la comunicación con la computadora. De este tipo es el llamado código ASCII, usualmente empleado en muchas computadoras. Esta forma de codificación es la utilizada para representar letras o símbolos. Igualmente se puede emplear para usar números como etiquetas alfabéticas; en concreto este número de combinaciones permite incluir en el código ASCII todas las letras del alfabeto (incluida la ñ) en mayúsculas, minúsculas y con las vocales acentuadas y no acentuadas, los dígitos numéricos, los caracteres de puntuación, y algunos otros símbolos utilizables en realización de gráficos de baja calidad.

b) Representación de números en la computadora.

Una cuestión algo diferente es la representación en la computadora de los números como tales, es decir, representar una cifra como 78976543.98. En este caso, el método empleado es algo distinto. Se sigue empleando no obstante, una formulación de base binaria, en concreto un sistema numérico binario, el cual se puede definir como la

representación de cantidades mediante un sistema de notación posicional basado en el número 2. Por tanto, el valor que representa un dígito numérico cambia según la posición que ocupa en una ordenación de columnas dispuestas de derecha a izquierda. Así, el número 568 en el sistema numérico de base 10 es: $568=5*10^2 + 6*10^1 + 8*10^0$; por lo tanto el 8 representa las unidades, el 6, las decenas (60), el 5, las centenas (500).

Como se mencionó lo lógico en la computadora y mas usual es representar las cifras en un sistema numérico binario, la base es ahora, por lo tanto, el número 2.

2.1.2.13. COMPONENTES FÍSICOS, EL HARDWARE, EL CPU Y EL MICRO-PROCESADOR.

Las computadoras están constituidas por dos tipos de elementos, los de carácter físico o material, el hardware y un conjunto de elementos lógicos, el software. Sin estos últimos una computadora es sólo un mueble que no puede operar, por lo tanto, los componentes lógicos son tan esenciales como los de carácter físico y palpable.

Los elementos físicos básicos son de dos tipos: la unidad central de proceso (cpu) y los periféricos. El cpu está compuesto esencialmente de un procesador electrónico, una memoria de acceso rápido y un sistema de comunicación canal, entre estos elementos y también entre ellos y los periféricos.

a) El procesador electrónico.

Es el dispositivo físico que realiza las operaciones aritméticas (cálculos numéricos, redondeo, etc.) y lógicas, toma de decisiones a través de comparaciones para realizar una u otra operación, además de dirigir todo el trabajo de la computadora, todo ello bajo el control de un programa o conjunto de instrucciones. Dos elementos internos juegan un papel decisivo para establecer su potencia. Por un lado, la velocidad del reloj interno que marca el ritmo de ejecución de las instrucciones. Así, cuanto más rápida sea la computadora más velozmente realiza sus operaciones. El otro elemento de importancia es el número de bits las unidades elementales de información que el procesador puede manejar en cada operación elemental que realiza, evidentemente cuantos más bits manipule simultáneamente, más rápida y eficiente es la actividad de la computadora.

b) La memoria central.

Es un elemento físico que está dotado de una gran velocidad para que sea posible leer o escribir de forma electrónica en él. Puede ser de dos tipos: memoria a RAM (Random Acces Memory) o también llamada memoria de acceso aleatorio, en la cual se almacena temporalmente la información que instruye al procesador sobre qué tareas debe realizar y, por otra parte, sirve igualmente para conservar los datos, aportados por el usuario, que el procesador debe tratar en un momento dado. El otro tipo de memoria central es la denominada ROM (Read Only Memory) memoria sólo de lectura, que sirve para incorporar a la CPU de una computadora el conjunto de instrucciones necesarias para ponerlo en marcha y a las cuales se debe acceder con gran velocidad.

c) Canales de transmisión.

Las comunicaciones entre los distintos elementos de un procesador electrónico se realizan a través del denominado canal o bus para transmisión de los datos entre los propios componentes de la CPU y entre ella y los periféricos. Este dispositivo está compuesto por cables físicos que comunican cada elemento con la computadora.

COMPONENTES FÍSICOS: DISCOS Y OTROS SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO, PERIFERICOS DE ENTRADA Y SALIDA.

La memoria central de la computadora tiene propiedades muy convenientes para el rápido procesado de los datos, gran velocidad de lectura y escritura en ella, pero es un mecanismo de almacenamiento permanente. La memoria RAM debe estar recibiendo energía eléctrica, en caso contrario pierde su característica informativa, por eso las computadoras requieren de otro tipo de almacenamiento, como son los discos, los dvd memorias USB, discos duros de gran capacidad etc.

Todos los mecanismos de almacenamiento mencionados anteriormente tienen hoy en día la facilidad de ser utilizados y manipulados con gran facilidad y rapidez, así la mejor elección la tendrá el usuario de acuerdo a sus características especiales de proyecto.

En cuanto a los periféricos de entrada, son básicamente la pantalla, el mouse o ratón y el teclado, los cuales sirven para comunicar a la computadora las actividades que debe llevar a cabo. La comunicación puede ser por medio del teclado, escribiendo con el las instrucciones que debe ejecutar. En otros casos se lleva a cabo por medio del mouse dependiendo de las opciones que la computadora nos presenta o dependiendo del software activo en ese momento en la pantalla.

Es común que en los SIG se utilicen para manipular la información las tabletas digitalizadoras, que constituyen uno de los mecanismos más comunes para la entrada de datos espaciales.

Entre los periféricos de salida se encuentra la pantalla como primer medio de salida de resultados que la computadora puede mostrar. La impresora es otro medio de salida que puede ser de varios tipos, al igual que los trazadores o comúnmente llamados plotters. Mientras que las impresoras por su forma de trabajo son de origen raster, los plotters dibujan en modo vectorial.

COMPONENTES LÓGICOS SOFTWARE.

Ya se ha subrayado el papel esencial que la parte lógica o inmaterial (el software), juega en el funcionamiento de una computadora. El software proporciona a la computadora, a los dispositivos físicos que lo forman, las instrucciones para realizar todas las tareas que debe desarrollar, desde las más simples y elementales a las más complicadas y elaboradas. El software se compone de un conjunto diverso de elementos: por un lado, el denominado sistema operativo (software de base) y por otro los programas de aplicación.

a) El sistema operativo

Es el conjunto de instrucciones básicas y programas que guían a la computadora para desarrollar todas las actividades más fundamentales, desde cómo iniciar su actividad, hasta la forma de leer un archivo, o cómo debe imprimir, etc. Dado este carácter de instrucciones básicas y elementales, alguna parte de ellas pueden estar contenidas en las denominadas memorias ROM; de modo, que cuando la computadora recibe energía eléctrica, se pone en marcha la información necesaria para arrancar e iniciar su trabajo.

b) Programas de aplicación. El software SIG disponible

En la actualidad existe una gran oferta de programas que cubren cualquier posibilidad imaginable de trabajo con la computadora. En el caso de los Sistemas de Información Geográfica es igual de variado de software disponible, desde los económicos o en su caso de uso académico, hasta muy costosos o de tipo comercial, queda a criterio del usuario la mejor elección para determinados estudios o proyectos.

Por todo lo mencionado tenemos que un programa de aplicación contiene, un conjunto de instrucciones que interpretadas por la computadora a través del sistema operativo permiten realizar una serie de tareas que resuelven o facilitan la solución de un problema de interés particular.

2.1.2.14. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA VECTORIALES Y RASTER.

LOS VECTORIALES.

DEFINICIÓN, LOS ELEMENTOS DE UN SIG Y BASE DE DATOS.

LOS ELEMENTOS.

Un SIG vectorial esta basado en la representación vectorial de la componente espacial de los datos geográficos. De acuerdo con las características de este modelo de datos, los objetos espaciales están representados de modo explícito y junto a la descripción digital de sus características espaciales, llevan asociados un conjunto de aspectos temáticos (Gutiérrez Puebla Javier, 1994).

Existen varias posibilidades para organizar esta doble base de datos, espacial y temática. En unos casos los sistemas vectoriales están formados por dos componentes o programas informáticos e incluso dos bases de datos claramente diferenciados. Uno el que maneja la base de datos espacial, y el otro el que explota la temática. Éste es el denominado sistema de organización híbrido, nombrado así por unir una base de datos relacional, para los aspectos temáticos, con una base de datos topológica para los espaciales. La clave reside en la estrecha interrelación entre los dos componentes, establecida a través del identificador univoco de cada objeto geográfico que aparece en las dos bases de datos, de manera que los cambios en un aspecto repercutan de modo inmediato en el otro.

La otra posibilidad de organización es la de incluir ambos tipos de datos en una única base de datos mixta, que reúna tanto las características espaciales como las temáticas. (Cámara G. y Otros, 1998)

BASE DE DATOS

De acuerdo con lo dicho, algunos Sistemas de Información Geográfica vectoriales tienen un componente que es un sistema de gestión de base de datos (SGBD) de los atributos temáticos, el cual se puede definir como un programa de computadora para el almacenamiento, manipulación y recuperación de información de una base de datos.

Una base de datos a su vez se puede definir como una colección de uno o mas ficheros de datos, almacenados en una forma estructurada y que contienen información no redundante, de modo que las relaciones que existen entre los distintos ítems o conjunto de datos puedan ser utilizados por el sistema de gestión (SGBD) para manipular o recuperar los mismos (Bosque Sendra J., 1997).

Modelo entidad-relación

Se usa una serie de elementos, en primer lugar el conjunto de entidades, que son los objetos que son relevantes para la base de datos a elaborar, por ejemplo casas, pozos, etc.

Los *atributos* forman el segundo tipo de componentes del modelo entidad-relación, que son las características o variables asociadas a cada entidad, como por ejemplo el número de habitantes y la superficie de casas, etc.

Cada atributo tiene un *dominio* de valores posibles, y en tercer lugar tenemos a las *relaciones*, que son los mecanismos de cualquier orden que permiten relacionar unas entidades con otras, así se pueden modelar y representar con facilidad cualquier tipo de situación y de interacción entre dos entidades. El conjunto de elementos de entidad relación se emplea para representar gráficamente la situación de la realidad que se desea incluir en la base de datos.

Los elementos del modelo entidad relación que describen una situación se pueden plasmar operativamente en diversos tipos de bases de datos como son, la tabular o de archivo, la jerárquica, en red, relacional y la orientada a objetos.

LOS RASTER

DEFINICION

Un Sistema de Información Geográfica raster consiste en un conjunto de mapas individuales, todos referidos a la misma zona del espacio, y todos ellos representados digitalmente en forma raster, es decir utilizando una rejilla de rectángulos regulares y de igual tamaño (Cebrián J., 1992). En cada uno de estos rectángulos o posiciones un número codifica el valor que alcanza en ese punto “pixel” del espacio la variable cartografiada en el mapa.

INTRODUCCIÓN, ELECCIÓN DEL TAMAÑO DEL PIXEL.

En un sistema raster un elemento esencial es el tamaño del elemento base de la rejilla (o píxel) y asociado con él, el numero total de filas y columnas de la cuadrícula.

El tamaño del pixel establece la escala del mapa, es decir la relación que existe entre una longitud o superficie de la realidad y su representación en el mapa. Por ello, cuanto

más pequeño sea el píxel mas precisa será la representación de la realidad en el mapa, es decir, aspectos de menor tamaño de la realidad tendrán su contrapartida exacta en el mapa.

Pero, también cuanto más pequeño sea el elemento base, mayor número de filas y columnas se necesitará para representar una misma porción del terreno y por lo tanto mas grande tendrá que ser el espacio del almacenamiento del mapa y mas laborioso será su tratamiento y análisis. Por todo esto, es esencial establecer con cuidado la resolución necesaria para representar una región de la realidad.

ORGANIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS RASTER.

Debido a que los aspectos espaciales y los temáticos se registran de modo simultáneo hay una mayor simplicidad de la organización de la base de datos.

Es por eso que la forma más habitual de organizar la base de datos raster es mediante archivos simples. En este caso, cada uno de los estratos temáticos que la componen se almacenan, en un archivo separado, todos ellos con el mismo número de filas y columnas y el mismo tamaño de píxel. El proceso posterior se realiza mediante la manipulación de uno o varios archivos/mapas/estratos temáticos para generar un nuevo archivo/mapa/estrato temático resultado, el cual se añade a la base de datos.

ENTRADA DE DATOS-DIGITALIZACION

La entrada de datos es muy laboriosa, complicada y costosa tanto en tiempo como en economía, una primera posibilidad de información es la recogida por sensores, que en ocasiones son en formato raster, solo se tienen que hacer unas correcciones geométricas para adaptar coordenadas a las del resto de los mapas del sistema. Normalmente la otra fuente de información es la cartografía analógica, de las cuales existen tres versiones, la digitalización manual, la automática y la de datos en forma vectorial.

TECNOLOGÍAS RELACIONADAS.

Los sistemas de Información Geográfica comparten características con otros sistemas de información pero su habilidad de manipular y analizar datos geográficos los separa del resto. La siguiente seria una forma de clasificar los sistemas de información con los que se relaciona los SIG:

Mapeo de escritorio, Herramientas CAD, Sensores remotos, y Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD).

1.-Mapeo de Escritorio.

Este se caracteriza por utilizar la figura del mapa para organizar la información utilizando capas e interactuar con el usuario, el fin es la creación de los mapas y estos a su vez son la base de datos, tienen capacidades limitadas de manejo de datos, de análisis y de personalización.

2.-Herramientas CAD.

Se utilizan especialmente para crear diseños y planos de construcciones y obras de infraestructura, estos sistemas no requieren de componentes relacionales ni herramientas de análisis, Las herramientas CAD actualmente se han ampliado como soporte para mapas, pero tienen utilidad limitada para analizar y soportar bases de datos geográficos grandes.

3.-Sensores Remotos.

Se define como el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia sin contacto material con los mismos. La percepción remota no agrupa solo las técnicas que permiten obtener dichas características y captación de datos desde el aire o espacio, sino también su posterior procesamiento en el ambiente de una determinada aplicación. En otras palabras los sensores remotos se definen como la técnica de adquisición y posterior procesamiento digital de datos de la superficie terrestre desde sensores instalados en plataformas espaciales, en virtud de la interacción electromagnética existente entre la tierra y el sensor.

4.-Sistemas Manejadores de Bases de Datos (SMBD).

Los SMBD se especializan en el almacenamiento y manejo de todo tipo de información, incluyendo datos geográficos. Los SMBD están perfeccionados para almacenar y retirar datos, y muchos SIG se apoyan en ellos para este propósito. No tienen las herramientas comunes de análisis y de visualización de los SIG.

2.1.2.15. APLICACIONES DE LOS SIG.

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, algunos de ellos son

Cartografía automatizada.

Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son luego puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos. Las propias entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas periódicamente.

En infraestructuras.

Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y gestión de redes de electricidad, gas, agua, teléfonos, alcantarillados, etc., en estas los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios, que se encuentra relacionada a las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de permitir realizar análisis de redes. La elaboración de mapas, así como la posibilidad de elaborar otro diferente tipo de consulta, ya sea gráfica o alfanumérica, son las funciones más comunes para estos sistemas, también son utilizados en trabajos de ingeniería, inventarios, planificación de redes, gestión de mantenimiento, etc.

Gestión territorial.

Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales. Estas aplicaciones permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructuras, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar, documentos con información gráfica y alfanumérica.

Medio ambiente.

Son aplicaciones implementadas por instituciones de medioambiente, que facilitan la evaluación del impacto medioambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una

ayuda fundamental en trabajos tales como repoblaciones forestales, planificación de explotaciones agrícolas, estudios de representatividad caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.

Equipamiento social.

Son implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, etc., suministran información sobre los centros ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros a los usuarios y cubrir de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.

Recursos mineros.

El diseño de estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información generado de varios años de explotación intensiva, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelaje de las capas o formaciones geológicas.

Tráfico.

SIG utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando modelos de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los nodos (o puntos) en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.

Demografía.

Se evidencian en este tipo de SIG un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas, y en concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Algunas de estas aplicaciones pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc. El origen de los datos suele ser los censos poblacionales elaborados por algún entidad, este grupo de aplicaciones no obligan a una elevada precisión, y en general, manejan escalas pequeñas. En el ámbito privado deberían tener más incidencia los SIG, aunque aún no es de este modo, ya que por el costo o la falta de información no es posible tener acceso a estas herramientas. Los SIG pueden y deberían ser empleados en:

GeoMarketing: La base de datos empalmada a la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, etc

Banca: Los bancos y cajas son unos buenos usuarios de SIG, en el momento requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas oficinas, incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.

-ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO

Primordialmente, el SIG permite obtener una gran cantidad de modelos, nueva información de distinto tipo, etc., tratarla para convertirla en conjuntos de datos compatibles, combinarlos y exponer los resultados sobre un mapa, documento y demás productos adicionales. Los procesos dentro de SIG se enmarcan dentro de los siguientes pasos a fin de cumplir lo mencionado (Bosque J. et al., 1994).

Una vez definido el proyecto que se ejecutará, el proceso se inicia con la identificación de las imágenes de satélite, fotografías aéreas, cartografía base y revisión de la información disponible.

La interpretación e introducción de datos incluye la transformación de información proveniente de los mapas, las imágenes procesadas obtenidas mediante satélites y fotografías aéreas en datos digitales compatibles. Esto con el fin de garantizar la correcta identificación y verificación de la información contenida en la zona de estudio, estas imágenes son referenciadas y orientadas bajo un sistema de coordenadas (este proceso se realiza bajo un software determinado (ERDAS,etc), a continuación sobre cartografía base se superponen los diferentes mapas obtenidos.

Las imágenes son inspeccionadas visualmente y mejoradas con el fin de realzar e identificar mejor los elementos de interés de acuerdo al objetivo del proyecto (A las imágenes regeneradas se le establecen composiciones de colores que produzcan el mayor contraste posible y faciliten la identificación de los diferentes tipos de vegetación y demás elementos de provecho), con las imágenes seleccionadas se realiza un proceso de clasificación supervisada, apoyado en la información secundaria disponible, y sumada la experiencia de los diferentes especialistas del grupo interdisciplinario, permite obtener mapas preliminares de las zonas de interés. Estos mapas se

perfeccionan y enriquecen mediante un cuidadoso proceso de edición visual, el uso de fotografías aéreas, verificaciones y observaciones sobre el terreno (Los diferentes mapas obtenidos se editan y procesan bajo los software ARC-INFO, ArcVIEW y ArcGIS), buscando la consistencia de los resultados con la interpretación de las imágenes.

Finalmente, estos diferentes mapas temáticos y de ecosistemas, las informaciones estadísticas provenientes de ellos y otras informaciones relacionadas, se ingresan en forma organizada en una base de datos al Sistema de Información Geográfica, consolidando una valiosa herramienta de gestión y administración para proyectos múltiples. La calidad de la información introducida influirá en la calidad de los productos del Sistema de Información Geográfica independientemente de lo desarrollado que sean su equipo y su programa. En algunos casos, los inventarios de los recursos naturales están incompletos o atrasados y hay que revisar, actualizar y depurar la información de cartografía antes de iniciar cualquiera de los procesos, con el fin de garantizar antes su coherencia con la realidad.

Los Sistemas de Información Geográfica permiten interactuar y analizar múltiples capas o aspectos de la información, en otras palabras permiten realizar modelamiento, análisis y consulta de toda la información, el procesamiento de datos puede referirse a los aspectos espaciales y no espaciales de la información, o a ambos, generando conocimiento, nueva información variada como mapas de bosques, áreas de afectación de los cultivos en zonas de reserva natural, identificación de áreas para el establecimiento de programas de conservación de la biodiversidad, análisis multitemporales y análisis periódicos para el monitoreo sobre la evolución y comportamiento de diferentes variables entre otros.

2.1.3 ESTABLECIMIENTO DE REQUERIMIENTOS

De reuniones realizadas entre el organismo operador de agua con los usuarios directos, se definieron las entidades, características relevantes, los procesos a los cuales estará sujeta la información, sus interrelaciones, así como la interacción de los usuarios con el sistema.

La información a manejar está constituida por los elementos que integran la red, que pueden ser; tanques, bombas, tuberías, válvulas, hidrantes, conexiones a diferentes ángulos, puntos terminales, accesorios, etcétera.

Los usuarios y el organismo operador de agua, requieren de un sistema que facilite el acceso y el manejo de la información relativa a esta red de servicio, así que el sistema se desarrolló de manera que se permita, una interacción de los usuarios, así como del organismo operador del agua de la entidad, para que se pueda en el futuro implementar, mantener y gestionara dicha red. Definido lo anterior se establecieron los siguientes requerimientos:

- a).-Diseño de una base no espacial que contenga las características hidráulicas de los principales elementos que forman la red de agua potable.
- b).-Relacionar la información espacial de los elementos que forman la red de distribución de agua potable, con sus respectivas características hidráulicas.
- c).-Diseñar las interfaces gráficas de usuario que faciliten la administración de la información no espacial, a partir de su información espacial asociada.
- d).-Permitir al usuario que pueda obtener información no espacial, a partir de la ubicación geográfica de los elementos que integran la red de distribución de agua potable.
- e).-Poder determinar fácilmente la ubicación espacial de cada elemento que forma parte de la red de distribución de agua potable, a partir de su código o nombre de identificación.

En un sistema de información geográfica, se sabe que las unidades de observación espacial que son posibles de distinguir en la realidad o sobre un mapa, en función de las propiedades geométricas o topológicas de las entidades geográficas son:

Los objetos puntuales o puntos, de dimensión topológica cero, las líneas de una dimensión topológica, los polígonos de dos dimensiones topológicas, y por último los volúmenes o superficies de tres dimensiones topológicas.

Entonces, con base a lo anteriormente establecido, y para poder modelar nuestro sistema tenemos que para una red de agua potable los conceptos a definir son los siguientes.

2.1.3.1. ENTIDAD LINEAL

TUBERIAS.- Las estableceremos como líneas de una dimensión topológica, ya que es un elemento geográfico unidimensional, formado por uno o varios tramos consecutivos y es también debido a que tienen características similares comunes, como el gasto, diámetro, rugosidad, la longitud, material, etc. Además es una unidad homogénea y continua, limitada por dos nodos, el tramo se compone de un vector fundamental (Nieves Lantada Z., M. A. Nuñez Andres, 2005) (Figura 2.21).

Ejemplo:

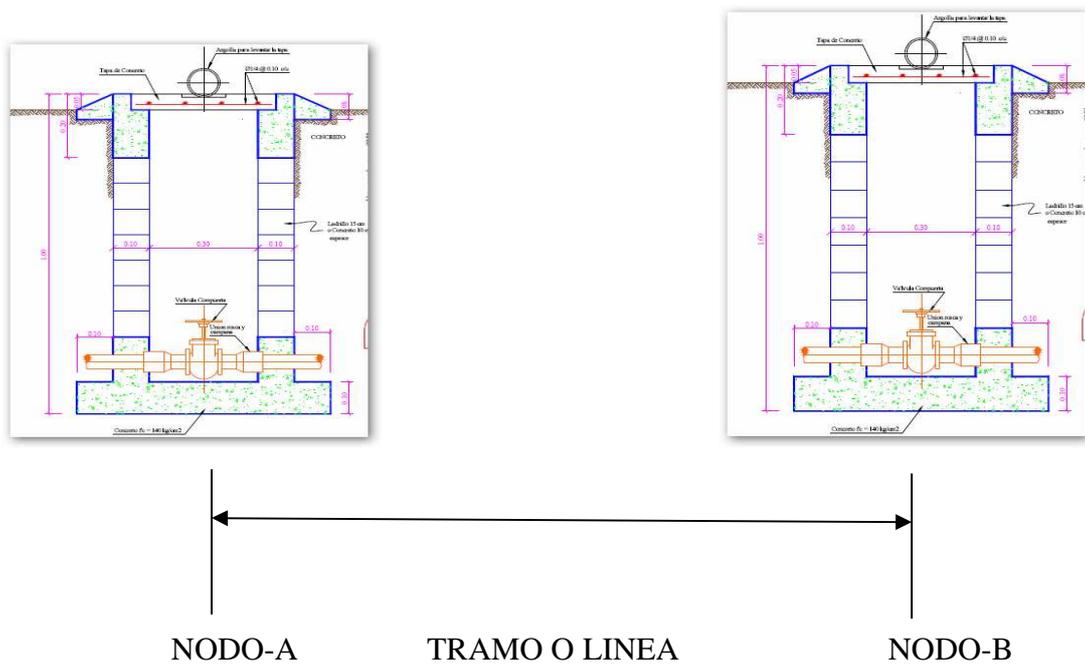


Figura 2.21 Entidad lineal.

2.1.3.2. ENTIDAD PUNTUAL

POZO DE CAPTACIÓN, TANQUE DE ALMACENAMIENTO, VÁLVULAS DIVERSAS.-Se denominaran como un punto o nodo, ya que son elementos geográficos que a escala 1:1000 queda identificado por un solo punto de coordenadas x,y,z. Son punto de discontinuidad en una entidad geográfica lineal y que origina partición de este en tramos (Nieves Lantada Z.,M. A. Nuñez Andres, 2005) (Figura 2.22).

Ejemplo:

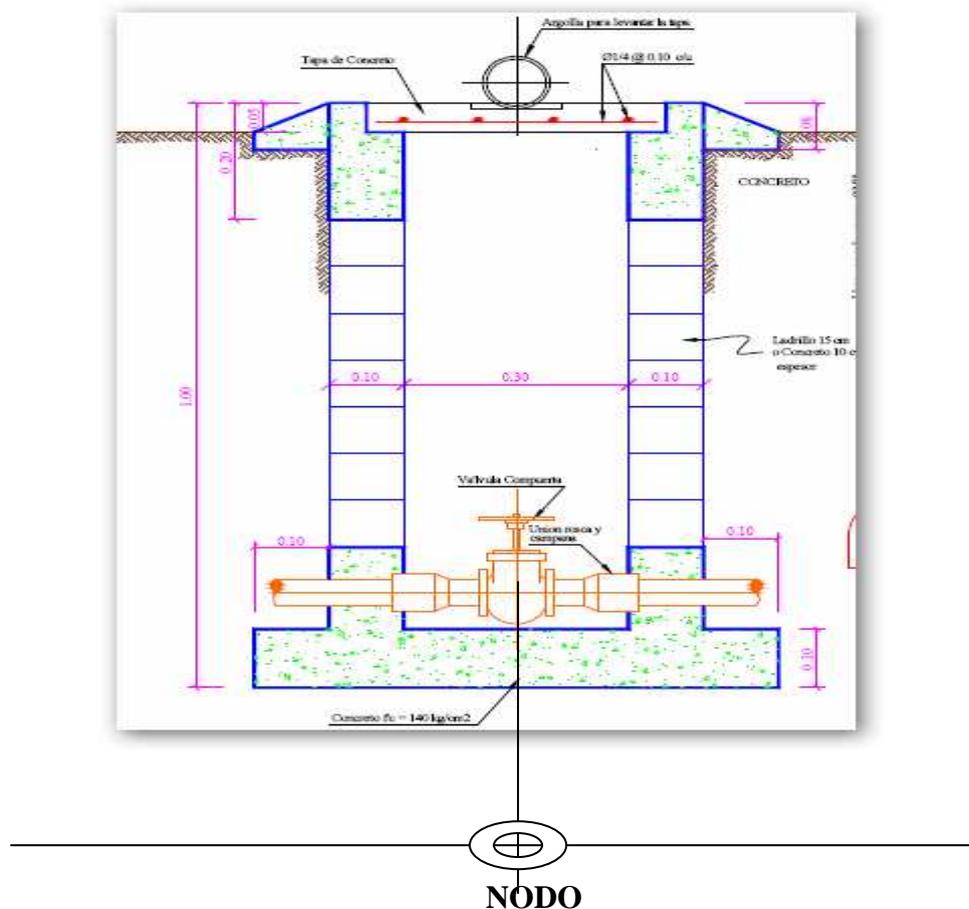


Figura 2.22 Entidad puntual.

2.1.3.3. ENTIDAD SUPERFICIAL

Área comprendida dentro de un contorno formado por una cadena de tramos, como a continuación se muestran las diversas entidades superficiales por colores. (Figura 2.23).

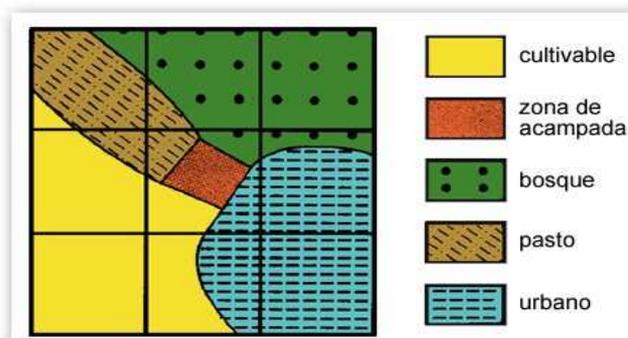


Figura 2.23 Entidad superficial.

ATRIBUTOS:

Características cualitativas y cuantitativas que están asociadas a las entidades o sus tramos, como pueden ser la clave de identificación de una caja de válvulas o de un pozo de visita, diámetro, rugosidad, material, longitud, etc, de una tubería (Figura 2.24).

| Shape | Length | Nombre | Departamen | Código | Zona |
|----------|--------------|-----------------------|--------------------|--------|--------------|
| PolyLine | 2251.921000 | NN | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 3475.608000 | NN | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 4153.945000 | Hijuela Zapata | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 10365.940000 | Hijuela 7ª Arzorena | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 3140.165000 | Hijuela Alto Salvador | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 7697.219000 | Hijuela 4ª Chivilcoy | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 6433.684000 | Hijuela 2ª Espino | San Martín | 3 | Montecaseros |
| PolyLine | 31038.380000 | Rame Chimbab | Junín / San Martín | 2 | |
| PolyLine | 7569.264000 | Rame Moyano | Rivadavia | 2 | Constitución |

Figura 2.24 Ejemplo de atributos.

La topología dada anteriormente, servirá para establecer e identificar en el sistema, las diferentes partes que integran la red de distribución de agua potable.

Es común que la topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada entidad (Virginia Behm, 2005).

2.2 FORMATO DE DATOS

Los datos son la fuente básica de alimentación de un SIG, estos condicionan de forma definitiva la calidad de la información a obtenerse; así datos confiables producirán resultados confiables, datos erróneos o innecesarios producirán a su vez resultados errados, y decisiones tomadas con base a lo anterior generara acciones ya sea equivocada o acertadamente.

Para trabajar con un SIG es necesario, introducir la información geográfica en un sistema de información y realizar una simulación de la realidad, siendo el modelo a utilizar en nuestro caso el vectorial; ya que los límites de las entidades geográficas tienen gran importancia para la aplicación y se requerirá recoger los elementos de forma individual.

En este tipo de estructura, deben quedar reflejadas las relaciones espaciales de los elementos entre si, a lo cual se le denomina como topología, que es la relación que cada objeto geográfico tiene con los de su entorno, como podría ser; conectividad, inclusión, contigüidad, etcétera (Nieves Iantada Z., M. A. Nuñez Andres, 2005).

2.2.1. ALFANUMERICOS

La información alfanumérica se debe almacenar en una base de datos, previamente estudiados los datos a ingresar a ella, para poder definir conceptualmente las relaciones entre los diversos elementos que la integran y crear el modelo de datos. El más extendido, es por más el conocido modelo entidad-relación, que puede usar los siguientes elementos.

Entidades: Son aquellos elementos relevantes para la base de datos que se va a elaborar, por ejemplo un pozo, una casa, etcétera.

Atributos: Características o variables asociadas a cada entidad, por ejemplo; área de una casa, el número de habitantes, etc.

Para cada atributo se puede definir una serie de valores posibles y en cada entidad cada atributo solo puede tener un valor.

Los mecanismos de relación permiten modelar y representar cualquier tipo de situación y de interacción entre dos entidades. Los elementos del modelo entidad-relación se pueden organizar en diversos tipos de bases de datos, de los cuales los empleados en los SIG, son los de tipo relacional y los orientados a objetos (Bosque Sendra J., 1997).

2.2.2 VECTORIALES

Los datos vectoriales representan cada objeto geográfico de forma independiente (entidad), que se pueden apreciar como puntos, líneas y polígonos (características); codificando explícitamente el límite que lo separa del entorno. Dichas características pueden ser de la siguiente forma:

Los elementos puntuales se representan mediante un par de coordenadas “x, y” que definen posición del punto.

Los elementos lineales están formados por uno o más segmentos lineales que se unen en vértices representados mediante coordenadas “x, y”.

Y los elementos superficiales se representan mediante las coordenadas “x, y” de los vértices de las líneas que forman su perímetro.

Entre sus ventajas del modelo vectorial podemos decir que tiene buena presentación y resolución, mayor velocidad de proceso, una facilidad de descripción y una buena aplicación topológica; pero también tiene inconvenientes, como podría decirse del desarrollo de estructuras de datos complejos, y a su vez programas de tratamientos complejos (Bosque Sendra J., 1997).

A manera de esquema podemos visualizar lo dicho anteriormente en la figura 2.25. Al emplear el modo vectorial cada característica geográfica se representa por medio de puntos, líneas y/o polígonos. Los mismos están definidos por un par de coordenadas (X, Y), referenciadas en un sistema cartográfico determinado (por ejemplo lat / long) y los atributos de tales características geográficas están almacenados en una base de datos independiente.

2.3. ELECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE DESARROLLO

Un proyecto como modelo debe ser lo suficientemente flexible, no solo para cuantificar el tiempo y el costo del mismo, sino también establecer los escenarios de mejoramiento de la infraestructura que será creada y evaluada.

Se sabe que la accesibilidad espacial está determinada por la ubicación geográfica de la localidad o área de estudio y por los servicios disponibles que se tengan, así que debido a ello, es necesario seleccionar un mecanismo en el cual todas las prioridades que se necesiten para llevar a cabo los objetivos, sean realizadas en una interfaz amigable y entendible. Por tanto, un software que pueda reunir condiciones particulares y entornos desarrolladores, que faciliten la realización de objetivos e implementaciones propias, se tendrá que elegir como medio o herramienta de ayuda.

En general para el desarrollo del sistema de procesamiento de información que nos permita controlar y gestionar redes de agua potable sobre todo en pequeñas poblaciones fue necesario elegir la herramienta o software digital, siendo esta el Arc View GIS, en su versión 3.2 a.

Para condiciones de desarrollo del SIG, Arc View cuenta con una interfaz gráfica de usuario (GUI), de tal manera que nos permite administrar la información geográfica relacionada con la red de distribución de agua potable. Por una parte, este software está diseñado para implementar una administración y control de la información espacial, y por otra, ésta es compatible con el formato utilizado por su sistema con programas tales como Epanet y Excel, lo cual fue otros de los motivos de su elección, en cuanto a su versión como herramienta de desarrollo.

Entre sus desventajas podemos encontrar que no se pueden generar programas ejecutables que posibiliten su libre distribución.

2.3.1 ARC VIEW GIS 3.2a

INTRODUCCION:

Arc View GIS, es un programa de sistemas de información geográfica para PC y workstation, de ESRI (Environmental Systems Research Institute, 1996). En su primera versión se encaminó principalmente para la modelación de los resultados obtenidos mediante el empleo de otro programa, en la actualidad tiene mucha capacidad para interpretar, ver, consultar y analizar datos de forma espacial (Nieves Lantada Z., M. A. Nuñez Andres, 2005).

De otra manera la definición del programa sería, que es una base de datos, uniendo el que con el donde, y que su interfaz de usuario se presenta en diferentes tipos de ventana. Ya en su ventana principal, se accede a diferentes filas de menús y herramientas que permiten al usuario visualizar y efectuar las operaciones con la información de la base de datos (Arc/View 3.2, *Manual del usuario, 1992-1999*).

COMPONENTES DEL ENTORNO DEL PROGRAMA: Estos se componen de:

Documentos / proyectos.

Vistas.

Tablas.

Graficos.

Mapas.

Scripts.

Proyecciones.

Extensiones Arc view.

A continuación podemos apreciar en la figura 2.26 el menú, botones y herramientas del programa.



Figura 2.26 Menus, botones y herramientas del programa Arc View.

Los proyectos en Arc View se utilizan para organizar y almacenar una colección de documentos asociados y realizados durante una sesión en el programa. Esta información del proyecto se almacena en un archivo, el cual tendrá una extensión (.apr). Así en la ventana del programa y del proyecto se pueden ver todas las vistas contenidas dentro del mismo. (Nieves Lantada Z., M. A. Nuñez Andrés, 2005) (ver figura 2.27).

Al comienzo de una sesión de ArcView, la ventana principal presenta una ventana sin título de proyecto.

Se usa para **añadir/gestionar** documentos en un proyecto.

Tipos de Documentos

- Vistas
- Tablas
- Gráficos
- Mapas
- Scripts

Cada proyecto puede tener uno o mas documentos de cada tipo (e.g. tablas)

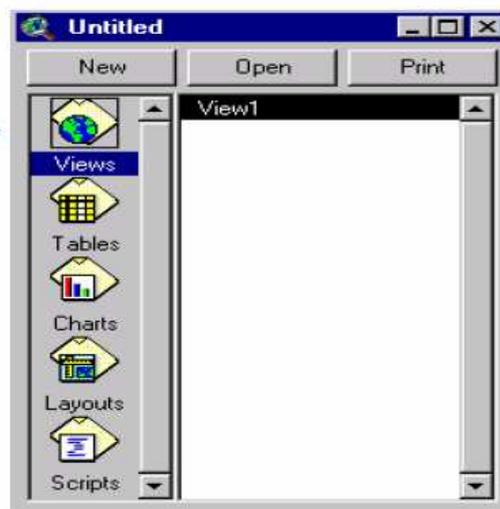


Figura 2.27 Ventana de documentos en Arc View.

Existen módulos o extensiones independientes que funcionan sobre Arc View y permiten realizar operaciones de análisis, se puede modificar la interfaz de usuario para reflejarlas en el programa, además, se pueden cargar y descargar dichas extensiones. Dichos módulos o extensiones son (Manual ESRI. Using ArcView GIS,1996).

3D Analyst.- Herramienta que nos permite crear modelados del terreno con estructura Triangle Irregular Network (TIN) Y GRID para datos continuos tales como, elevación del terreno o gradientes de temperatura. Realiza estructuras malla a partir de datos de puntos mediante interpolaciones por el método Inverse distance weighting (IDW), spline o kriging.

Spatial Analyst.-Además de manejar datos vectoriales el Arc View, este modulo maneja datos raster sobre los cuales pueden generarse superficies que posteriormente se analizaran para crear mapas.

Network Analyst.-Contiene herramientas para encontrar la mejor ruta, en distancia, tiempo entre dos puntos del terreno.

Un ejemplo de las extensiones son las de la figura 2.28

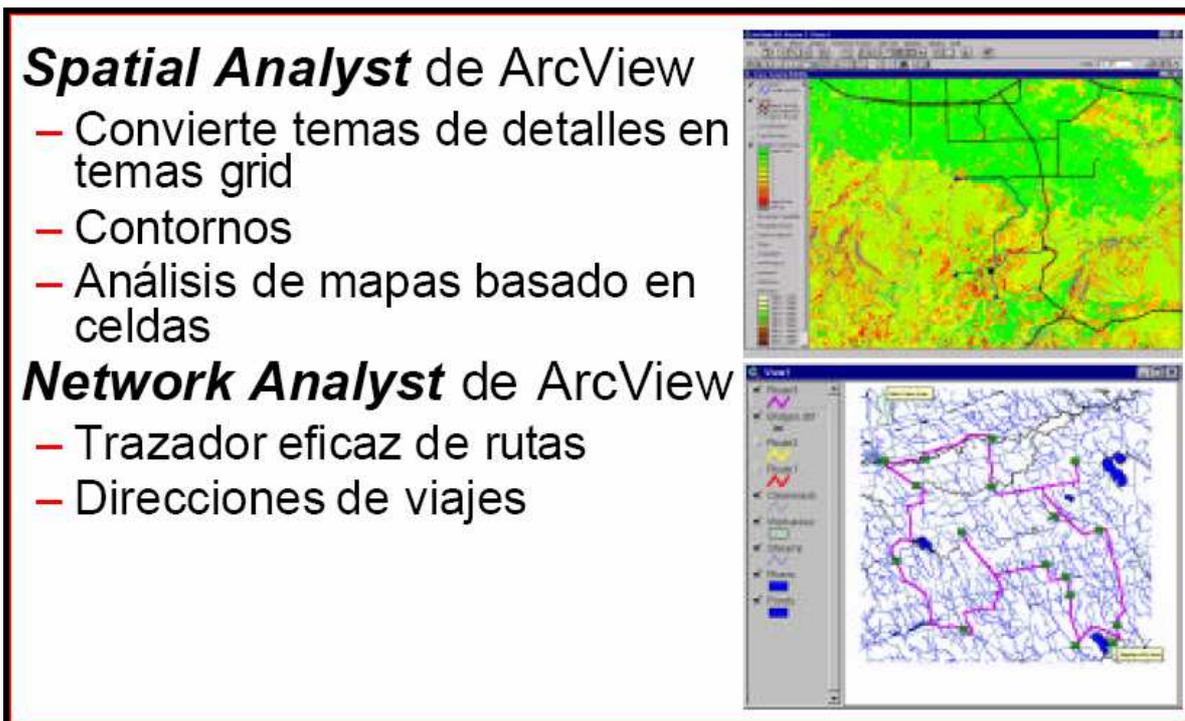


Figura 2.28 Extensiones en Arc View.

ESTRUCTURACIÓN DE DATOS CON ARC VIEW

Todos los componentes de las sesiones de Arc View se encuentran almacenados en un documento llamado proyecto (Project), que contiene las referencias de la ruta donde se encuentran almacenada la información gráfica y las tablas con las cuales se está o se trabaja (Manual ESRI . Using ArcView GIS,1996). El archivo del proyecto tiene extensión de *.apr.

En general los distintos documentos con los que puede trabajar Arc view son:

Vistas (View).-donde se recibe información gráfica de forma distribuida en temas. Cada vista tiene por componente una gráfica y una tabla de contenidos que incluyen a los diferentes temas en si. (ver figura 2.29).

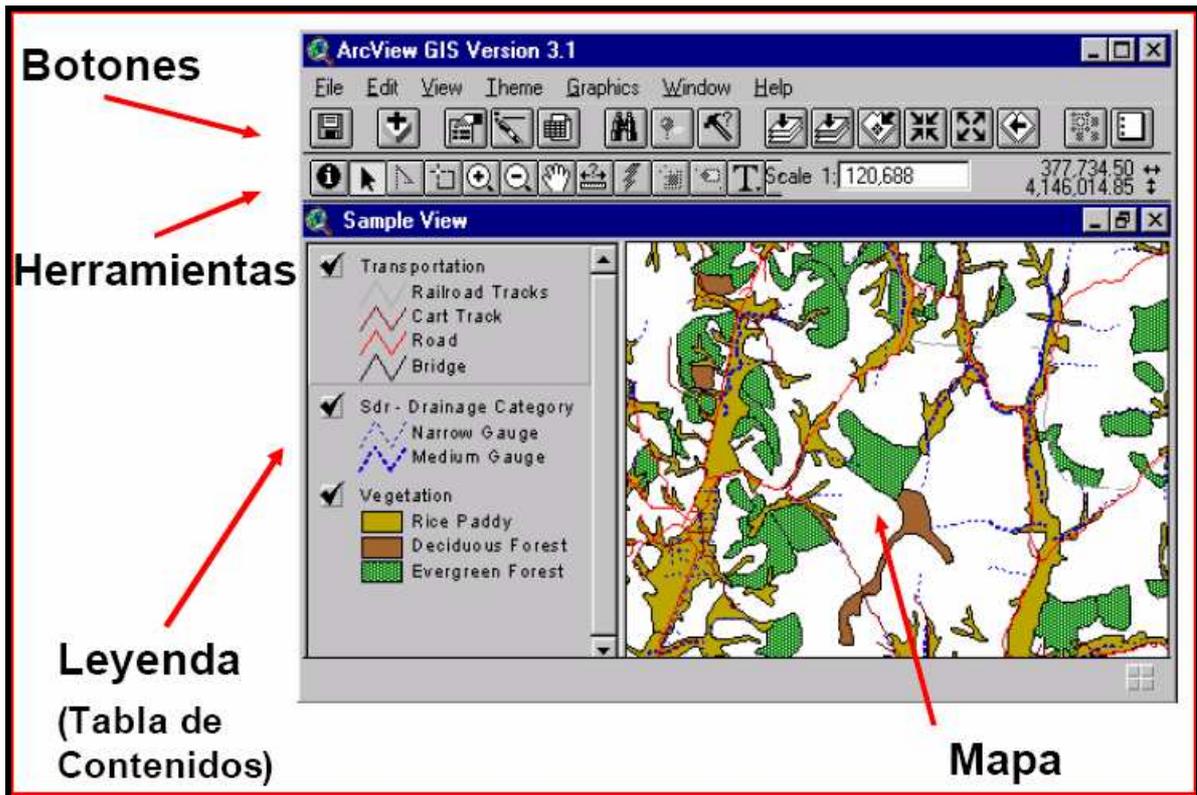
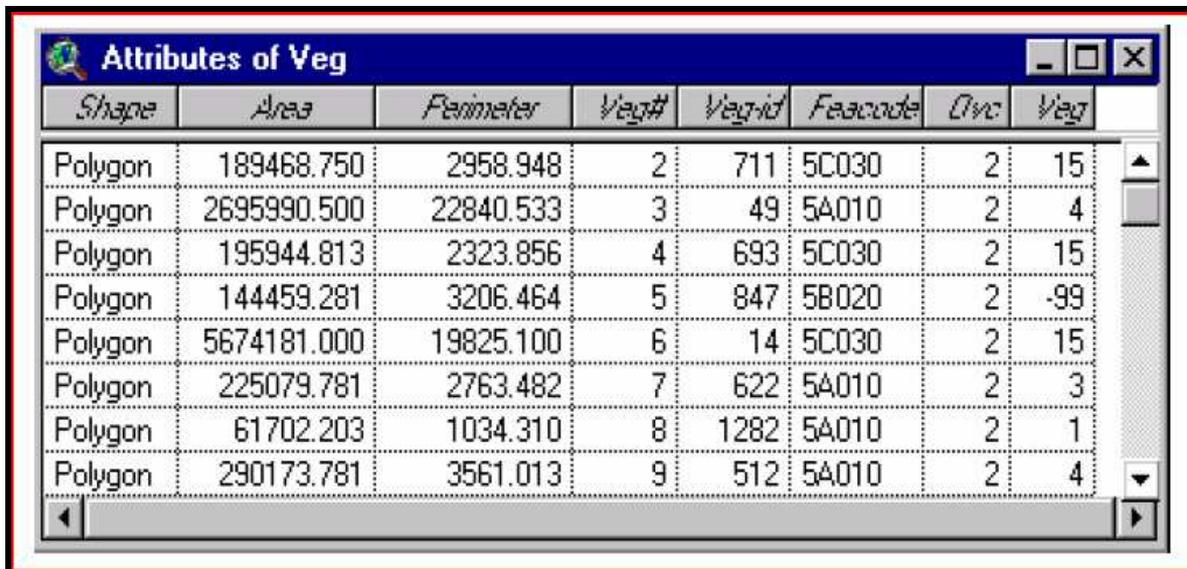


Figura 2.29 Vistas en Arc View

Tablas (Tables).-cada tema de las vistas tienen relacionada una tabla que contiene los atributos de las entidades gráficas de los mismos. También podemos disponer de tablas que contienen datos externos referidos a dichas entidades pudiéndose relacionar o unir ambos conceptos.(ver figura 2.30).



| Shape | Area | Perimeter | Veg# | Vegid | Feacode | Cvc | Veg |
|---------|-------------|-----------|------|-------|---------|-----|-----|
| Polygon | 189468.750 | 2958.948 | 2 | 711 | 5C030 | 2 | 15 |
| Polygon | 2695990.500 | 22840.533 | 3 | 49 | 5A010 | 2 | 4 |
| Polygon | 195944.813 | 2323.856 | 4 | 693 | 5C030 | 2 | 15 |
| Polygon | 144459.281 | 3206.464 | 5 | 847 | 5B020 | 2 | -99 |
| Polygon | 5674181.000 | 19825.100 | 6 | 14 | 5C030 | 2 | 15 |
| Polygon | 225079.781 | 2763.482 | 7 | 622 | 5A010 | 2 | 3 |
| Polygon | 61702.203 | 1034.310 | 8 | 1282 | 5A010 | 2 | 1 |
| Polygon | 290173.781 | 3561.013 | 9 | 512 | 5A010 | 2 | 4 |

Figura 2.30 Tabla de atributos en Arc View

Gráficos (Charts).-Se realizan gráficos tipo como son el de barras, sectores y dispersión, de los atributos ya sea por medio de tablas o de selección de los mismos, (ver figura 2.31).

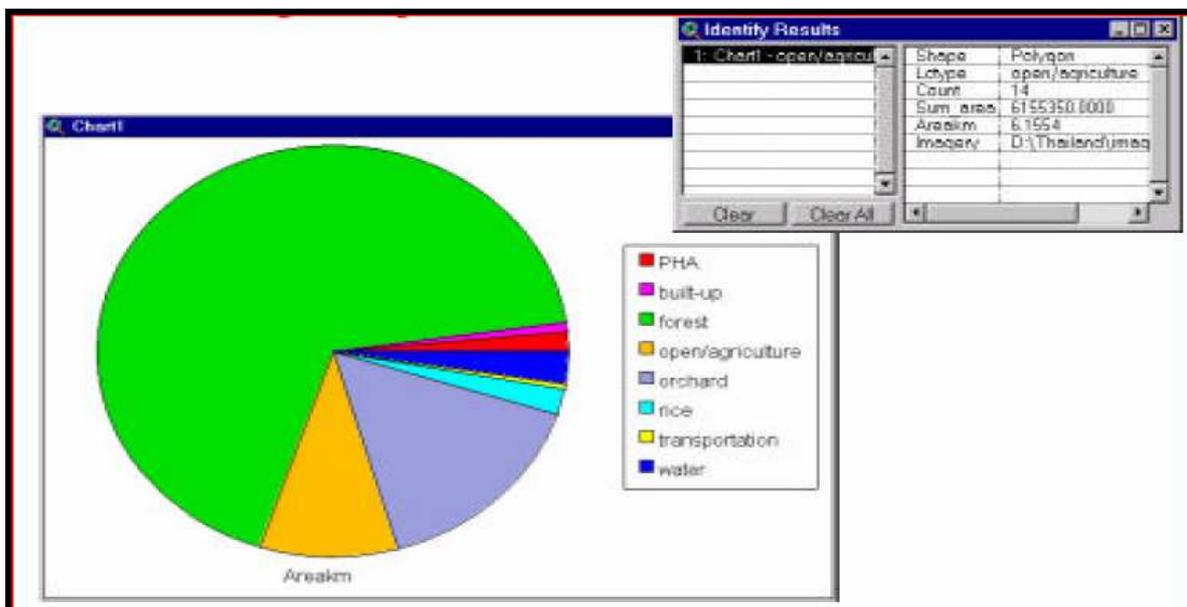
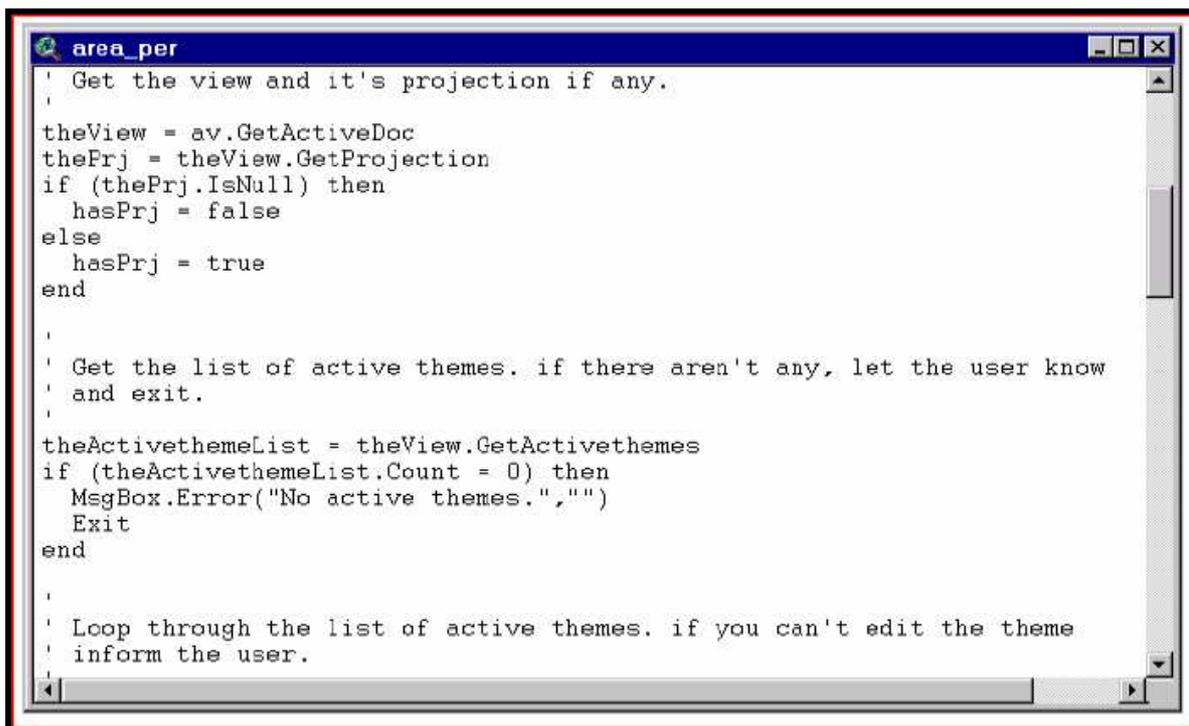


Figura 2.31. Ejemplo de Gráfico tipo en Arc View.

Composiciones Gráficas (Layouts).-Cualquier tipo de información que se encuentre en los documentos del proyecto, debe incluirse en una composición gráfica para la realización de salidas gráficas como por ejemplo, mapas temáticos, informes etcétera.

Scripts.- son programas desarrollados en el lenguaje propio de Arc View, llamado Avenue, que permiten la automatización de tareas a nuestro entorno en particular (Arc View Gis, 1996) (ver figura 2.32).



```
' Get the view and it's projection if any.
'
theView = av.GetActiveDoc
thePrj = theView.GetProjection
if (thePrj.IsNull) then
  hasPrj = false
else
  hasPrj = true
end

' Get the list of active themes. if there aren't any, let the user know
' and exit.
'
theActivethemeList = theView.GetActivethemes
if (theActivethemeList.Count = 0) then
  MsgBox.Error("No active themes.", "")
  Exit
end

' Loop through the list of active themes. if you can't edit the theme
' inform the user.
```

Figura 2.32. Ejemplo de Scripts en Arc View.

Como herramienta para elaboración de un SIG Arc View es el medio indicado para poder realizar tareas o proyectos de esta índole; ya que no solo proporciona un gran mecanismo por si mismo, sino que admite archivos externos, base de datos, etc., los cuales pueden ser agregados al proyecto en si, modificarlos o cambiarlos (Environmental Systems Research Institute Inc, 1996).

2.3.2. EPANET

Aunque en el mundo actual existen diversos paquetes hidráulicos modernos capaces de modelar cualquier situación tipológica de redes de tuberías de agua (ver anexo 3), el software que ocuparemos para este proyecto será Epanet 2.0, teniendo las características que a continuación se mencionan.

Es un programa de computadora que permite realizar simulaciones en periodos prolongados (uno o varios días) del comportamiento hidráulico y de la evolución de la calidad del agua en redes de suministro a presión. Una red puede estar conformada por tuberías, nodos (uniones de tuberías), bombas, válvulas y depósitos de almacenamiento o embalses. EPANET realiza un seguimiento de los cambios de los caudales en las tuberías, las presiones en los nudos, los niveles en los depósitos, y la concentración de las especies químicas presentes en el agua, a lo largo de todo el periodo de simulación, discretizado en múltiples intervalos de tiempo. Además de la concentración de las distintas especies, puede también simular el Tiempo de Permanencia del Agua en la red y su Procedencia desde las diversas fuentes de suministro (Martínez F., 2001).

En la siguiente figura podemos apreciar su pantalla de inicio, su menú y su contorno en general (ver figura 2.33).

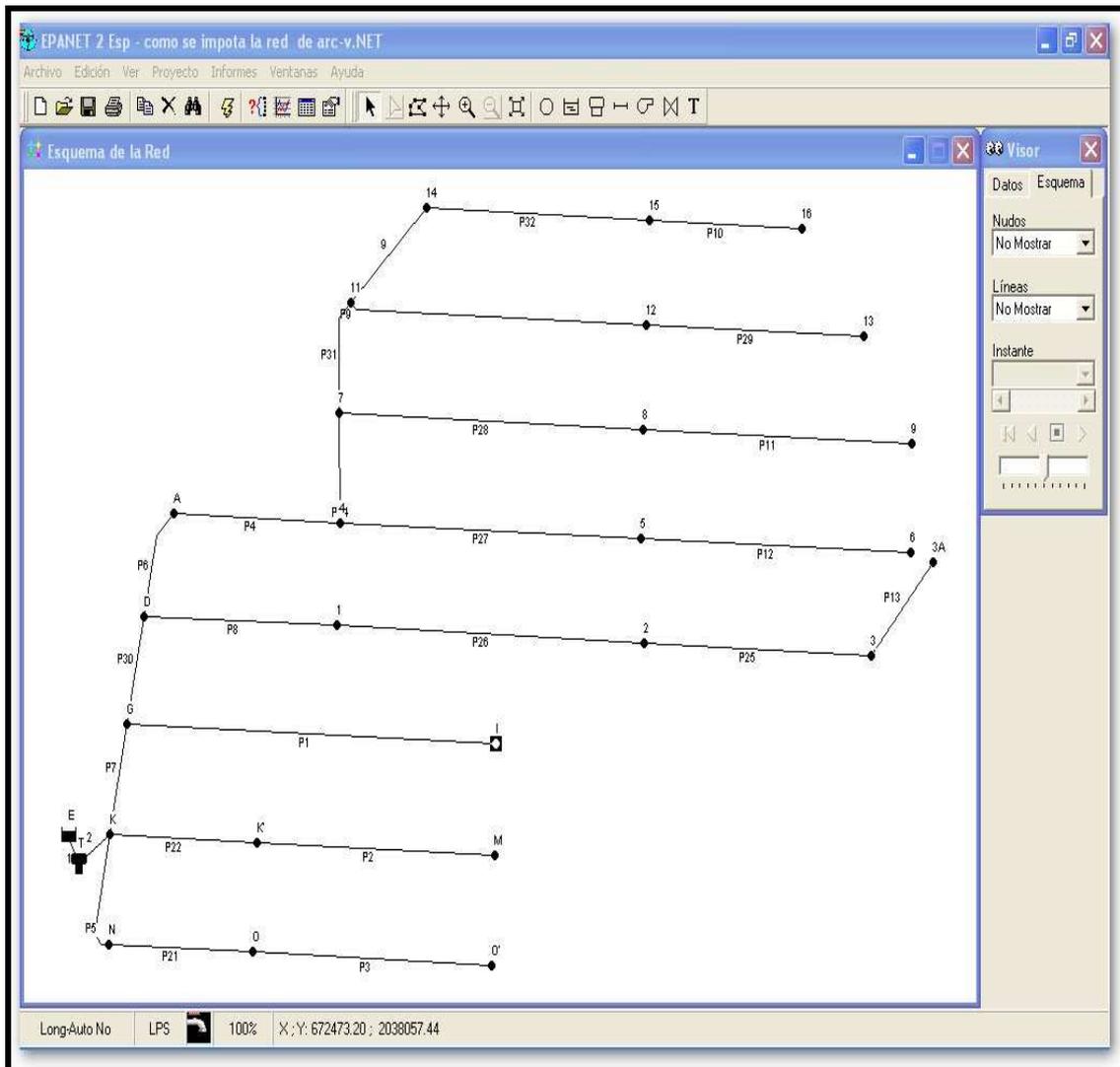


Figura 2.33 Epanet en su entorno.

EPANET se ha concebido como una herramienta de investigación para mejorar nuestro conocimiento sobre el avance y destino final de las diversas sustancias transportadas por el agua, mientras ésta discurre por la red de distribución. Entre sus diferentes aplicaciones puede citarse el diseño de programas de muestreo, la calibración de un modelo hidráulico, el análisis del cloro residual, o la evaluación de las dosis totales suministradas a un abonado. Puede resultar también de ayuda para evaluar diferentes estrategias de gestión dirigidas a mejorar la calidad del agua a lo largo del sistema (Martínez F., 2001). Entre estas pueden citarse:

-Alternar la toma de agua desde diversas fuentes de suministro.

- Modificar el régimen de bombeo, o de llenado y vaciado de los depósitos
- Implantar estaciones de tratamiento secundarias, tales como estaciones de recloración o depósitos intermedios
- Establecer planes de limpieza y reposición de tuberías.

Proporciona un entorno integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad del agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos. Entre éstos se incluyen mapas de la red codificados por colores, tablas numéricas, gráficas de evolución y mapas de isolíneas.

Ha sido desarrollado por la División de Recursos Hídricos y Suministro de Agua (anteriormente División de Investigación del Agua Potable) del Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos, de la Agencia del Medio Ambiente de los Estados Unidos (Martínez F., 2001).

Dos de los requisitos fundamentales para poder construir con garantías un modelo de calidad del agua son la potencia de cálculo y la precisión del modelo hidráulico utilizado. Además, contiene un simulador hidráulico muy avanzado que ofrece las siguientes prestaciones:

- No existe límite en cuanto al tamaño de la red que puede procesarse.
- Las pérdidas de carga pueden calcularse mediante las fórmulas de Hazen-Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning.

Contempla pérdidas menores en codos, accesorios, etcétera

Admite bombas de velocidad fija o variable, puede calcular el consumo energético y sus costos, permite considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal.

Admite depósitos de geometría variable (esto es, cuyo diámetro varíe con el nivel), permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo, también, modelar tomas de agua cuyo caudal dependa de la presión (p. ej. rociadores), admite leyes de control simples, basadas en el valor del nivel en los depósitos o en la hora prefijada por un temporizador, y leyes de control más complejas basadas en reglas lógicas (Martínez F., 2001).

El modelo de calidad del agua de EPANET ofrece las siguientes facilidades:

Simula el desplazamiento de trazadores no reactivos por toda la red, a lo largo del tiempo

Simula el avance y evolución de las sustancias reactivas cuya concentración o bien crece en el tiempo (p. ej. los subproductos derivados de la desinfección) o bien decrece (p.ej. el cloro residual).

Simula el tiempo de permanencia (o envejecimiento) del agua mientras discurre por la red

Permite seguir la evolución en el tiempo de la fracción de caudal que llega a cada nudo de la red procedente de un nudo determinado (análisis de procedencias)

Simula las reacciones que tienen lugar tanto en el seno del agua como en las paredes de las tuberías

Permite emplear cinéticas de orden "n" para modelar las reacciones en el seno del agua

Emplea cinéticas de orden cero o de primer orden para modelar las reacciones en las paredes de las tuberías

Tiene en consideración las limitaciones de transferencia de masa al modelar las reacciones en las paredes de las tuberías

Admite reacciones de crecimiento o decrecimiento de la concentración de una sustancia, hasta llegar a un valor límite

Permite definir coeficientes de reacción globales para toda la red, y modificar éstos posteriormente para determinadas tuberías

Permite correlacionar los coeficientes de velocidad de reacción en la pared de las tuberías con su rugosidad.

Permite considerar la inyección en cualquier sección, o punto de la red, de un caudal másico o de concentración definida, variable en el tiempo

La evolución de la calidad del agua en los depósitos puede simularse como una mezcla homogénea, mediante un modelo de pistón, o como un reactor de dos compartimentos

Mediante estas facilidades, EPANET permite estudiar fenómenos relacionados con la calidad del agua tales como:

La mezcla de agua procedente de diversas fuentes

El envejecimiento del agua mientras discurre por la red

La pérdida de cloro residual

El crecimiento de los subproductos derivados de la cloración

El seguimiento del avance de un contaminante, tras su intrusión en la red

EPANET modela un sistema de distribución de agua como un conjunto de líneas conectadas por sus nudos extremos. Las líneas representan tuberías, bombas o válvulas de control. Los nudos representan puntos de conexión entre tuberías o extremos de las mismas, con o sin demandas (nudos de caudal), y también depósitos o embalses (Rossman L., 2000). La figura 2.33 muestra cómo se interconectan todos estos objetos entre sí para formar el modelo de una red. Hay que pulsar sobre el nombre de cualquier objeto para obtener más información.

Además de estos componentes físicos, utiliza los siguientes tipos de componentes complementarios, que describen el comportamiento y modo de operación del sistema (Rossman L., 2000).

Curvas de Comportamiento

Curvas de Modulación

Leyes de Control

Opciones de Cálculo

Después de lo anteriormente comentado, sin duda, este es el software ideal con que se realizaron nuestros cálculos y procesos hidráulicos; y como se mencionó, tiene un amplio potencial y un manejo de entrada de datos en un entorno muy amigable.

Entonces por todo lo anterior dicho, Epanet es el software a utilizar para los cálculos hidráulicos a realizar en la red de agua de nuestro proyecto, y así, lograr nuestros objetivos, agregando un dato muy importante, y eso se debe a su compatibilidad con Arc View en esta versión a utilizar.

2.3.2.1. INGRESO DE LA RED DE AGUA POTABLE A EPANET 2.0

Ya definida la red en un escenario de Arc view, se importa la misma por medio del software Epanet, a través de la función archivo, importar red. Una vez realizado lo anterior, se procede a guardar el proyecto en archivo, guardar como, y a continuación le asignamos un nombre y se guarda nuestro proyecto (Martínez F., Bartolín H. Sancho H. , 2003).

Lo anterior queda a manera de esquema ilustrativo como se presenta en la figura 2.34.

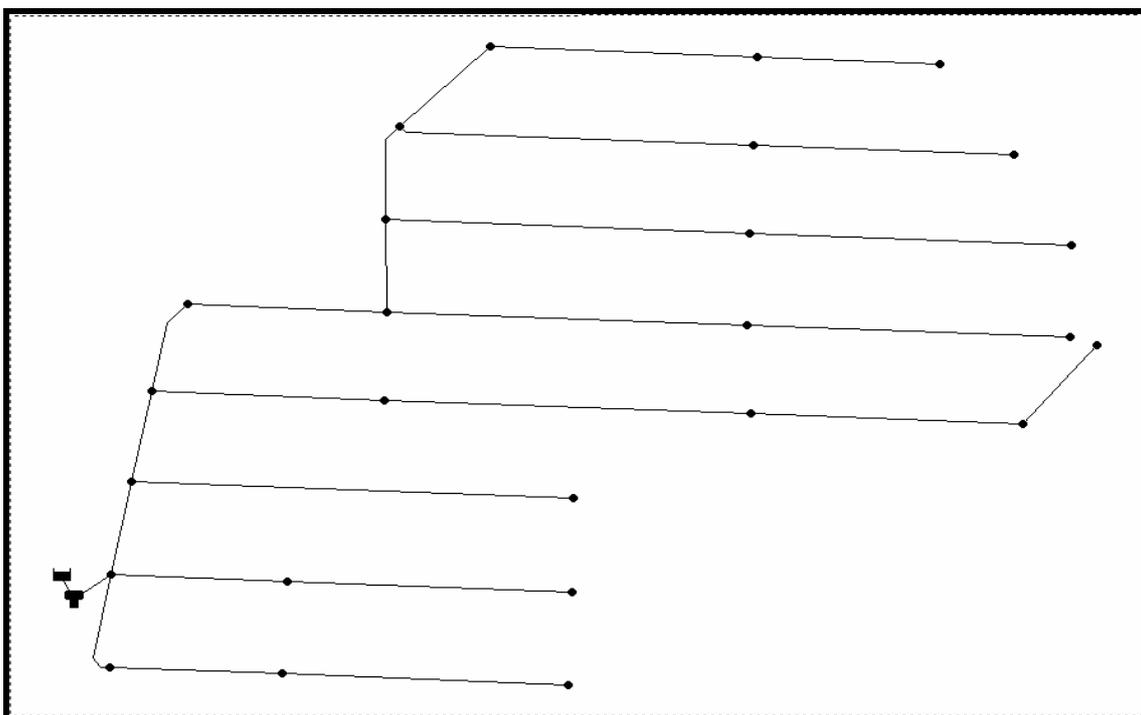


Figura 2.34 Esquema de la red de agua en Epanet 2.0

A continuación se abre el archivo guardado para definir de forma correcta la red de agua potable (propiedades), de tal manera que sea congruente con nuestro sistema real.

Entonces lo que sigue es definir algunos entornos y objetos que son parte integral del desarrollo del sistema Epanet, como lo son los *valores por defecto*. (Manual de Prácticas de Fundamentos de la Mecánica de Fluidos ,2004)., que se presentan en la figura 2.35.

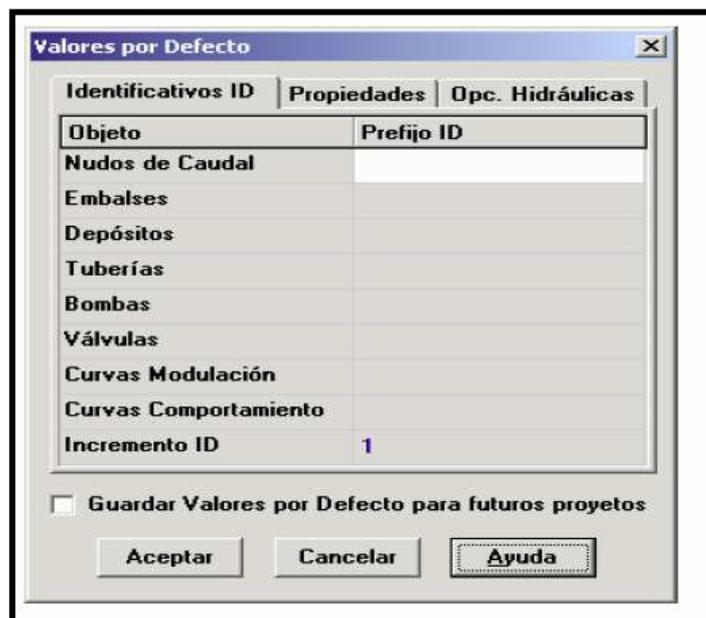


Figura 2.35. Valores por defecto en el EPANET

Si se pulsa la casilla identificativos ID, se despliega el cuadro de arriba. Si se requiere de un incremento de ID en 1, habilitamos su casilla y aceptamos.

Posteriormente nosotros podemos asignar un nombre o número que queramos a cada objeto seleccionado de nuestro proyecto.

Nuestro siguiente paso es presionar la casilla *opciones hidráulicas*, del mismo cuadro desplegado arriba. De dicha opción, elegimos LPS (litros por segundo), para las unidades de caudal. Lo que conlleva que las unidades métricas del Sistema Internacional (SI) serán utilizadas también para las restantes magnitudes (longitudes en metros, diámetros de tubería en mm, presiones en m.c.m., etcétera).

Al igual que en la forma anterior pulsamos Darcy-Weisbach (D-W), para el calculo de las pérdidas de carga. Si se desea guardar estos valores para futuros proyecto validamos la casilla de *guardar valores por defecto* y posteriormente la aceptamos.

Si se desea que la visualización del esquema desarrollado, tenga sus símbolos e identificaciones, se selecciona pulsando del menú *ver*, la casilla, *opciones del esquema*. (Manual de Prácticas de Fundamentos de la Mecánica de Fluidos, 2004). En seguida se nos presenta un cuadro como el que se muestra en la figura 2.36.

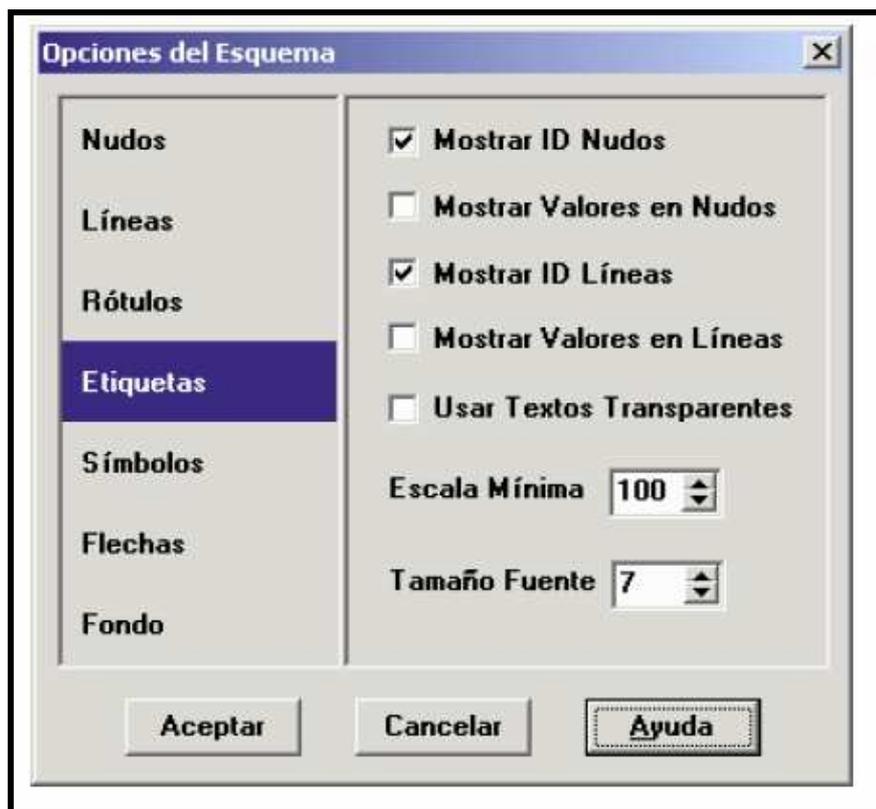


Figura 2.36. Opciones del Esquema en EPANET.

Ya con el menú desplegado seleccionamos presionando *etiquetas*, y llenamos las siguientes casillas: Mostrar ID Nodos, Mostrar ID de Líneas.

Ya por ultimo en este menú, seleccionamos *símbolos* y habilitamos todas las opciones y presionamos el botón aceptar.

Como se mencionó anteriormente los ID de nodos y líneas, se nombran a criterio del programa, según se le de la orden al mismo en sus casillas de habilitación, pero en caso, que a nuestros intereses particulares o de proyecto en sí, sea conveniente otro tipo de numeración o nombramiento; éste se podrá llevar a cabo según convenga.

En consecuencia la red importada, y ya configurada, queda como a continuación se muestra (Figura 2.37).

2.3.2.2. CONFIGURACION REAL DE LA RED DE AGUA POTABLE.

Con la ayuda del ratón y de los botones de la barra de herramientas del esquema podemos moldear, modelar nuestra red a nuestras características de proyecto que tengamos en consideración.

La barra que a continuación se muestra es la de herramientas del esquema. Cada una de sus propiedades viene en su manual de uso.



Para empezar el desarrollo de nuestra red de agua potable nos auxiliaremos de la barra anterior, así, por ejemplo para nuestro proyecto necesitaremos simular una bomba entre el reservorio y el tanque o depósito, esta se agregara pulsando el siguiente símbolo.



Posteriormente con el puntero del ratón seleccionaremos como primer punto de aspiración de la bomba al embalse, con ID “E” y como punto de impulsión, al tanque elevado, con ID “T”. En el siguiente esquema podemos apreciar el proceso final de lo antes mencionado (Manual de Prácticas de Fundamentos de la Mecánica de Fluidos, 2004), ver figura 2.38.

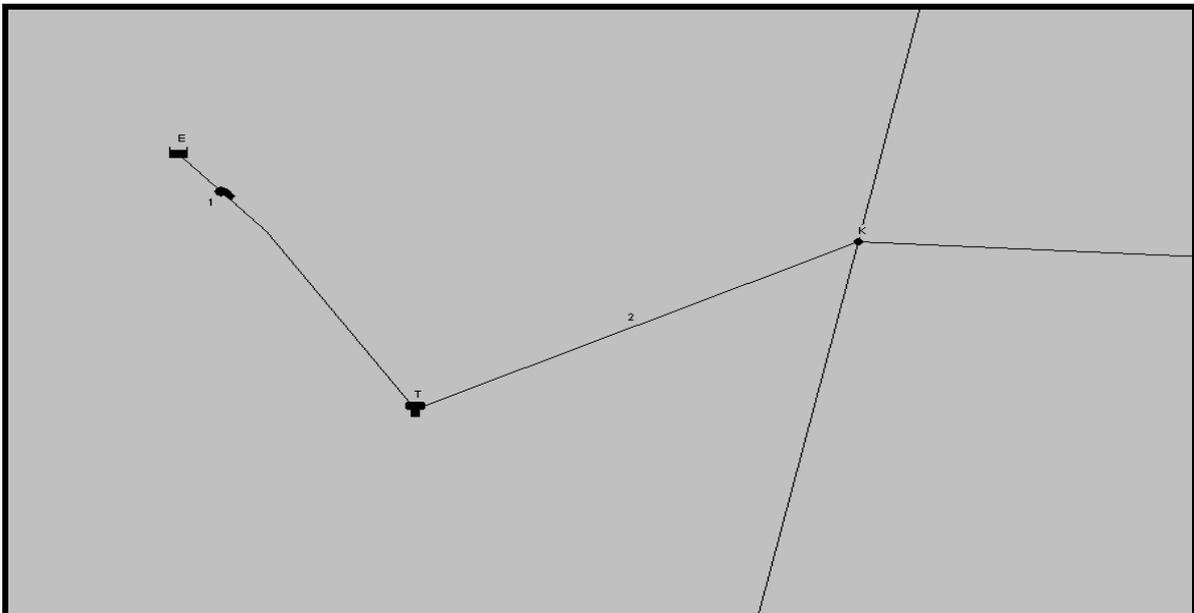


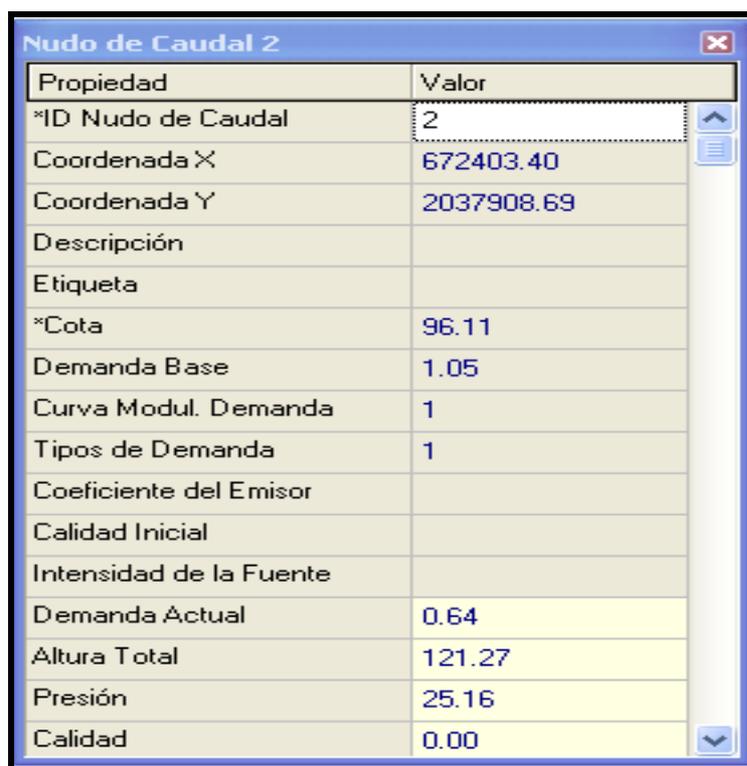
Figura 2.38. Bomba entre los puntos E y T de la red.

Como siguiente punto se verifica que nuestra red quede bien definida, tanto de sus nodos, como de sus líneas, y por supuesto se establezca todos los accesorios que esta presente; como los son, depósitos, tanques, embalses, bombas, válvulas, etc.

Tanto los nodos como líneas, quedaron definidos con identificativos de ID que nosotros utilizaremos, entonces como consecuencia lo que sigue, es la introducción de las propiedades de los objetos.

Es común que en Epanet a medida que los objetos son agregados al proyecto, éstos adquieren automáticamente las propiedades por defecto. Entonces para cambiar el valor de una propiedad determinada de un objeto, habrá que seleccionarlo primero y modificarlo con el *editor de propiedades*, lo anterior se realiza haciendo doble clic al objeto seleccionado anteriormente.

Ya en el cuadro de propiedades de los objetos, simplemente ponemos en las casillas, ya sea de un nodo o de una tubería, al igual que para depósitos, tanques, bombas, etc.; los valores de nuestros datos del proyecto real, tal como se pueden apreciar en el esquema que muestra la figura 2.39.



| Propiedad | Valor |
|-------------------------|------------|
| *ID Nudo de Caudal | 2 |
| Coordenada X | 672403.40 |
| Coordenada Y | 2037908.69 |
| Descripción | |
| Etiqueta | |
| *Cota | 96.11 |
| Demanda Base | 1.05 |
| Curva Modul. Demanda | 1 |
| Tipos de Demanda | 1 |
| Coefficiente del Emisor | |
| Calidad Inicial | |
| Intensidad de la Fuente | |
| Demanda Actual | 0.64 |
| Altura Total | 121.27 |
| Presión | 25.16 |
| Calidad | 0.00 |

Figura 2.39. Información del proyecto

Lo anterior se realiza para cada nudo o línea presentada en el proyecto, pero donde habrá que tener un poco de atención es en la bomba, ya que se tiene que asignarle una curva característica (relación altura-caudal) que nos defina su comportamiento. El proceso de lo anterior es como sigue a continuación.

En el esquema de Epanet nos dirigimos al botón *visor*, que se encuentra en la esquina superior derecha de la pantalla; posteriormente hacemos clic en *datos*, de donde seleccionamos de una lista, *curvas comportamiento*, seguido de *añadir* y tendremos desplegado nuestro menú de ingreso. Lo que sigue es llenar las casillas con nuestros datos reales de proyecto (caudal y altura), y entonces el software carga automáticamente la curva completa de la bomba, a partir de su punto nominal, cuya forma y ecuación pueden verse en el mismo formulario; finalmente pulsamos aceptar y queda grabado nuestro proceso. A continuación se muestra un esquema cualquiera del editor de datos para una curva de comportamiento (ver figura 2.40).

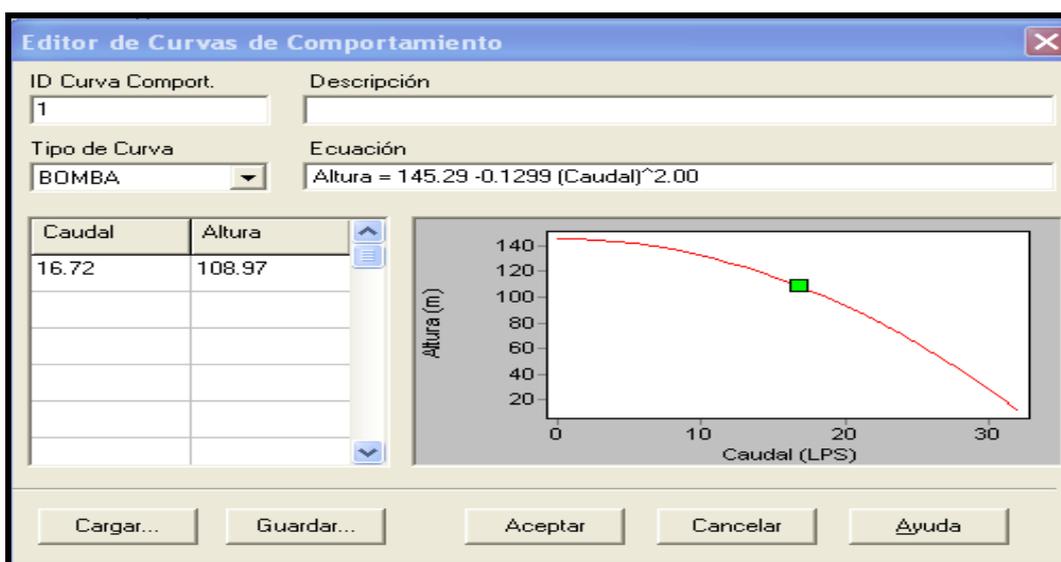


Figura 2.40 Esquema de una curva de comportamiento.

Una vez completado todo el diseño de la red, se guarda el proyecto para posteriormente hacer las corridas pertinentes; en general el sistema de agua potable en Epanet queda finalmente de la siguiente forma (Figura 2.41).

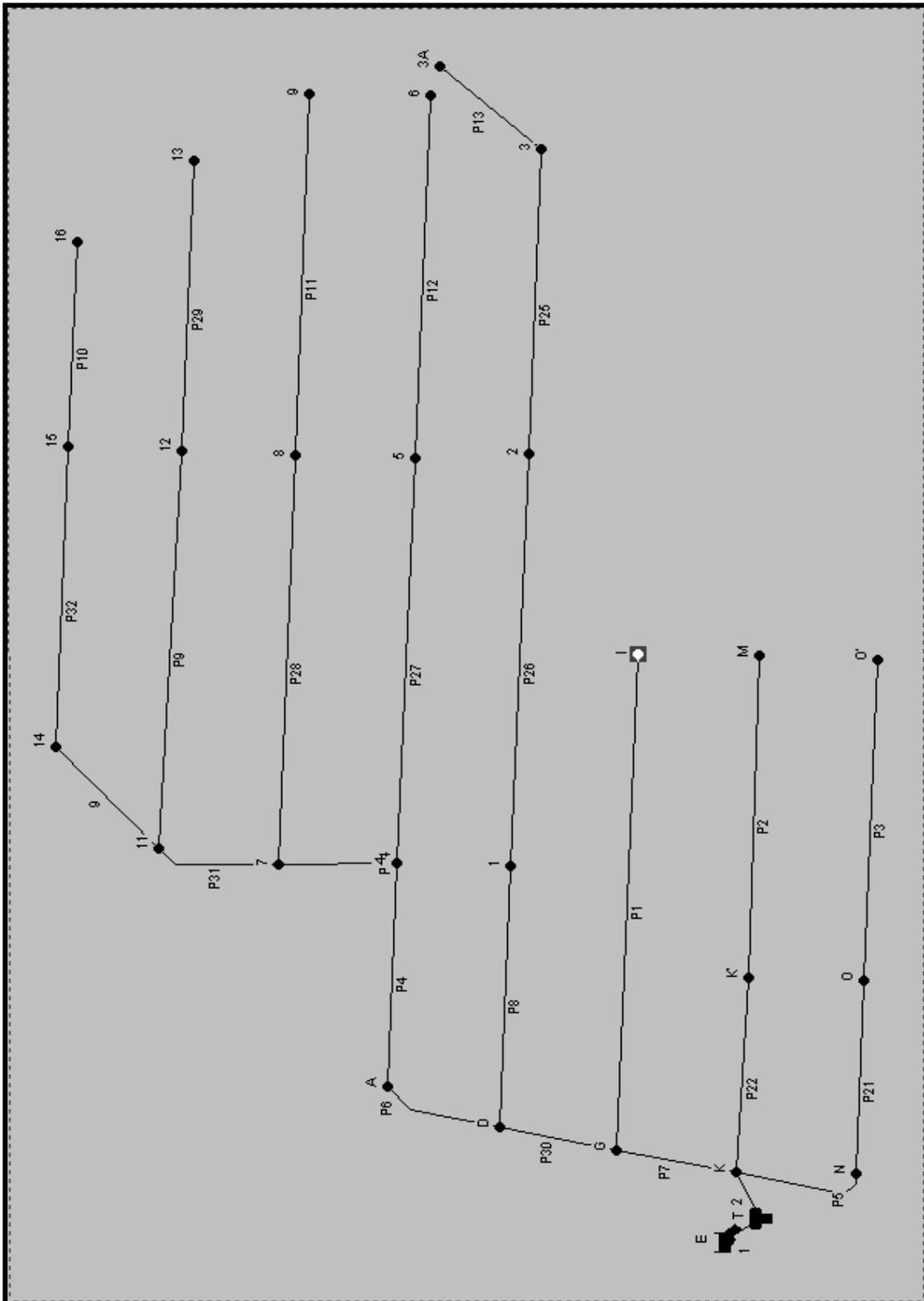


Figura 2.41 Red de agua potable final en Epanet 2.0, para el conjunto habitacional Bellavista y Nueva España

2.3.2.2.1. ANALISIS EN REGIMEN PERMANENTE.

Como disponemos de toda la información necesaria para poder llevar a cabo un cálculo de comportamiento hidráulico de nuestra red de agua, en régimen permanente, o lo que es lo mismo, para un instante de tiempo determinado. Nos proponemos a iniciar entonces nuestra primera simulación hidráulica.

Como primer paso en nuestro cálculo, pulsamos en el menú *proyecto*, y seguido presionamos el botón *calcular*. Si todo esta correcto nos aparecerá un mensaje diciendo que la simulación es válida, y para ver los resultados existen una gran variedad de formatos de informes.

Caso contrario, aparecerá la leyenda de la simulación ha fallado, seguido de un informe de estado, indicando cual ha sido el problema de la red.

En nuestro caso la red de agua potable para un instante cero, ya calculada queda como se presenta en la figura 2.42.

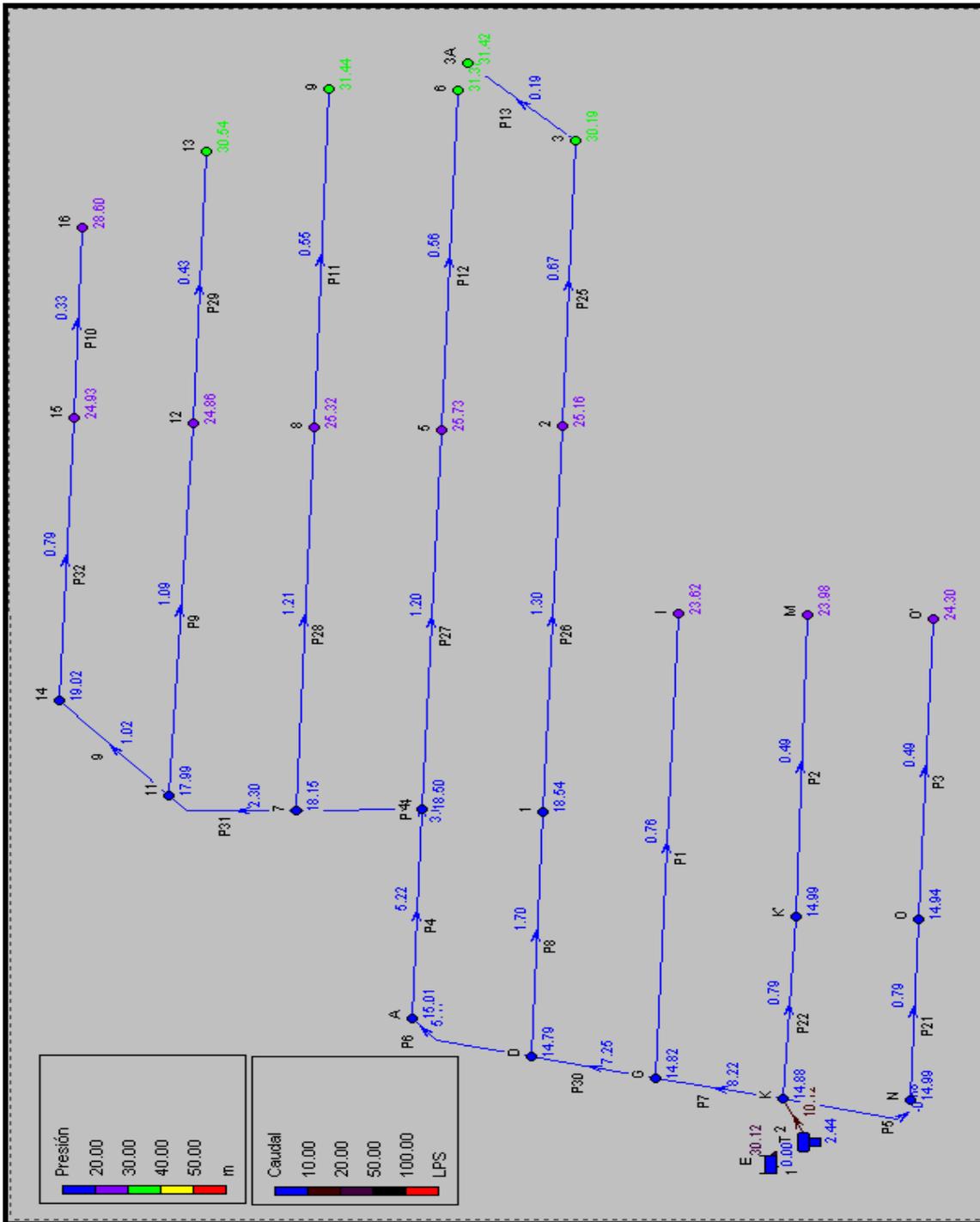


Figura 2.42 Red de distribución para un tiempo cero de régimen permanente.

2.3.2.2.2. ANALISIS EN PERIODO EXTENDIDO

Para que nuestro proyecto tenga una simulación en periodo extendido o dinámico, se debe de crear una curva de modulación, para hacer que las demandas en los nudos varíen en forma periódica, a lo largo del día.

El proceso para cargar una curva de modulación es el siguiente.

Nos dirigimos al visor de Epanet, seguido pulsamos *datos*, damos clic en el botón para ver las opciones que despliega la lista; seguido presionamos *curva modulación* y posteriormente le damos clic al icono *añadir*. Entonces, llenamos las casillas con datos de los factores de gasto horario, publicados por CONAGUA y después simplemente aceptamos; y automáticamente se guarda nuestra curva.

Los factores de variación del gasto horario publicados por la CONAGUA son los que se muestran en la tabla 2.1.

Datos para Curva de Modulación.

Estos se presentan en la pantalla que muestra la figura 2.43.



Figura 2.43 Datos para curva de Modulación.

Factores de Variación del gasto Horario según CONAGUA

Tabla 2.1 Factores horarios de 1 a 24 hrs. en (%)

| Hora | Factor de variación |
|-------------|----------------------------|
| 1 | 0.606 |
| 2 | 0.616 |
| 3 | 0.633 |
| 4 | 0.637 |
| 5 | 0.651 |
| 6 | 0.828 |
| 7 | 0.938 |
| 8 | 1.199 |
| 9 | 1.307 |
| 10 | 1.372 |
| 11 | 1.343 |
| 12 | 1.329 |
| 13 | 1.288 |
| 14 | 1.266 |
| 15 | 1.216 |
| 16 | 1.201 |
| 17 | 1.196 |
| 18 | 1.151 |
| 19 | 1.121 |
| 20 | 1.056 |
| 21 | 0.901 |
| 22 | 0.784 |
| 23 | 0.710 |
| 24 | 0.651 |

El siguiente paso es darle el periodo de tiempo al sistema Epanet, en el cual se va a simular el comportamiento hidráulico de nuestro proyecto.

Entonces nuevamente, nos dirigimos al *visor* y damos clic a *datos*, y de la lista de opciones que nos da, seleccionamos *opciones*, posteriormente aparece una nueva lista, de la cual seleccionamos *tiempo* y pulsamos el botón editar. El cuadro que se despliega enseguida es el de controles de simulación, entonces llenamos la casilla de tiempo con el que nosotros deseamos, y los demás ajustes pertinentes que sean necesarios, como se aprecia en el siguiente esquema (figura 2.44).



Figura 2.44 Esquema del menú opciones de tiempo.

Una vez ingresados estos factores a nuestra curva modulación, estamos listos para llevar a cabo la simulación en periodo extendido.

Para llevar a cabo la simulación, nuevamente nos dirigimos al menú *proyecto*, para posteriormente pulsar el botón *calcular*, y si la simulación es válida, los resultados se pueden apreciar en diferentes formatos de salida, pero si la simulación falla, el propio sistema Epanet nos indica donde probablemente se encuentre el error.

Debido a que al sistema le ingresamos un lapso de tiempo de 72 hrs. (3 días) de simulación, los resultados se pueden apreciar por cada hora de comportamiento hidráulico o en dado caso, en las horas de demanda críticas de los factores de variación del gasto horario, máximo y mínimos también recomendados. Los resultados podemos apreciarlos en los esquemas que muestran las figuras 2.45 (a, b, c, d, e, f y g).

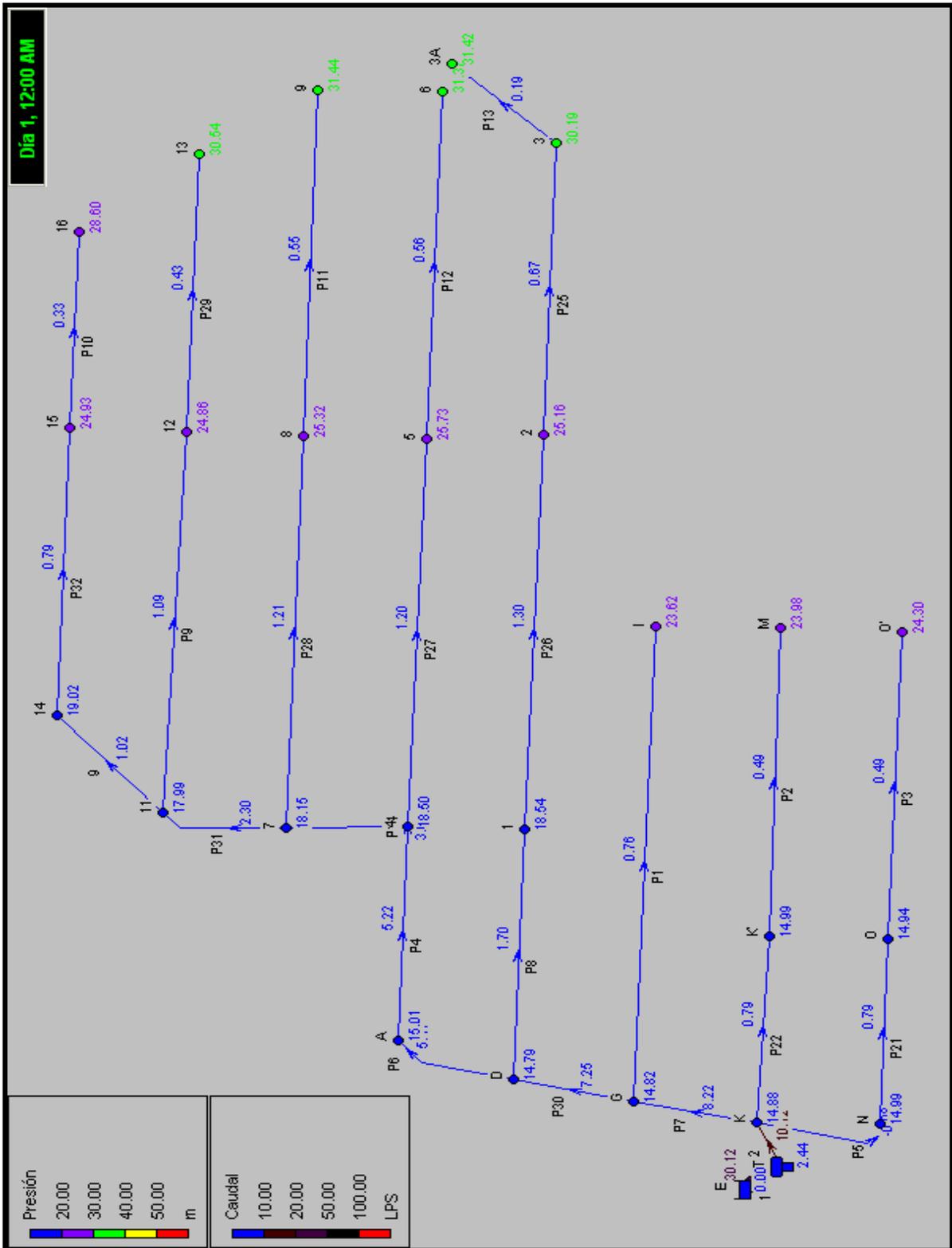


Figura 2.45 a). Análisis para cero horas de tiempo de permanencia en la red

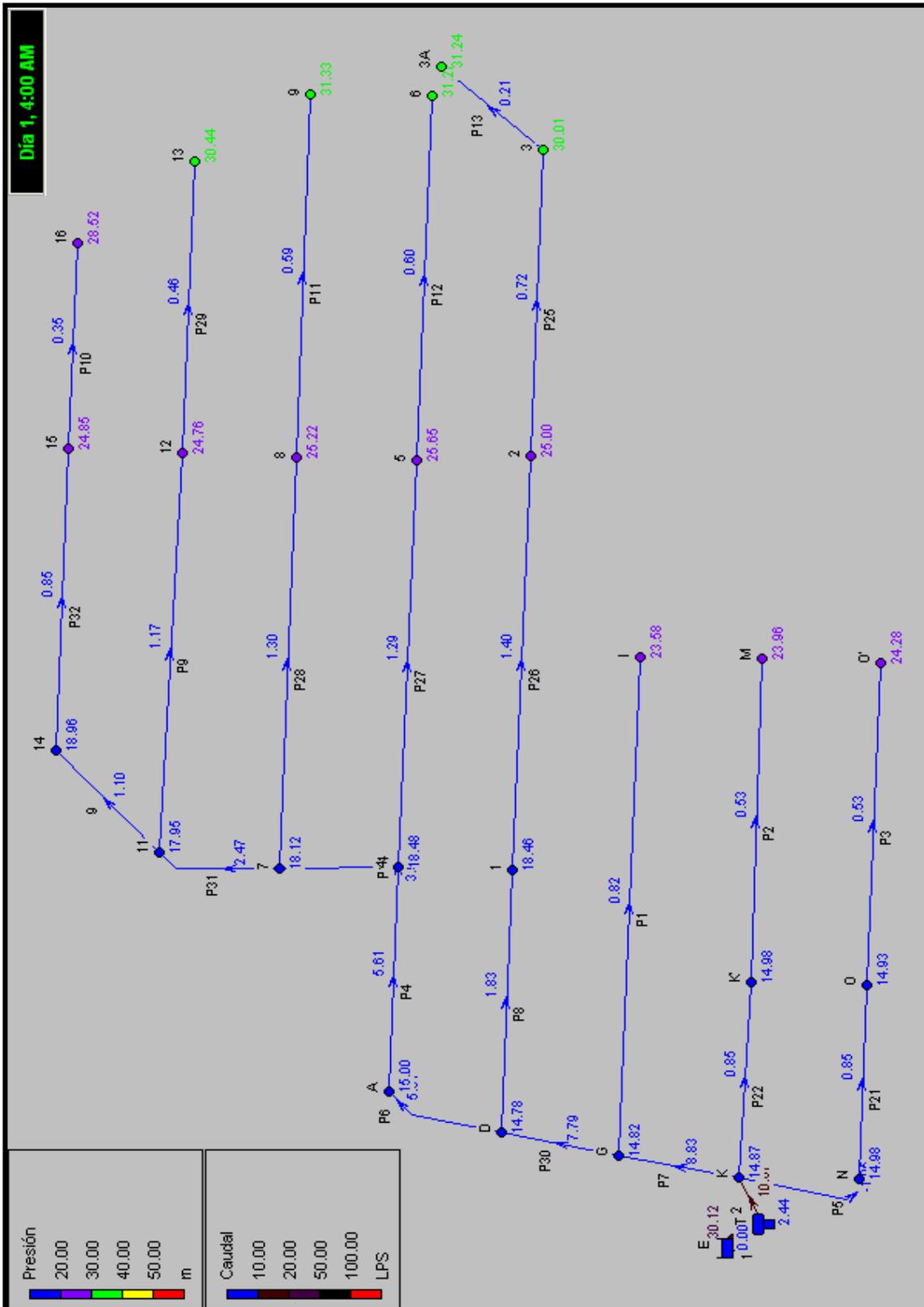


Figura 2.45 b). Análisis para cuatro horas de tiempo de permanencia en la red

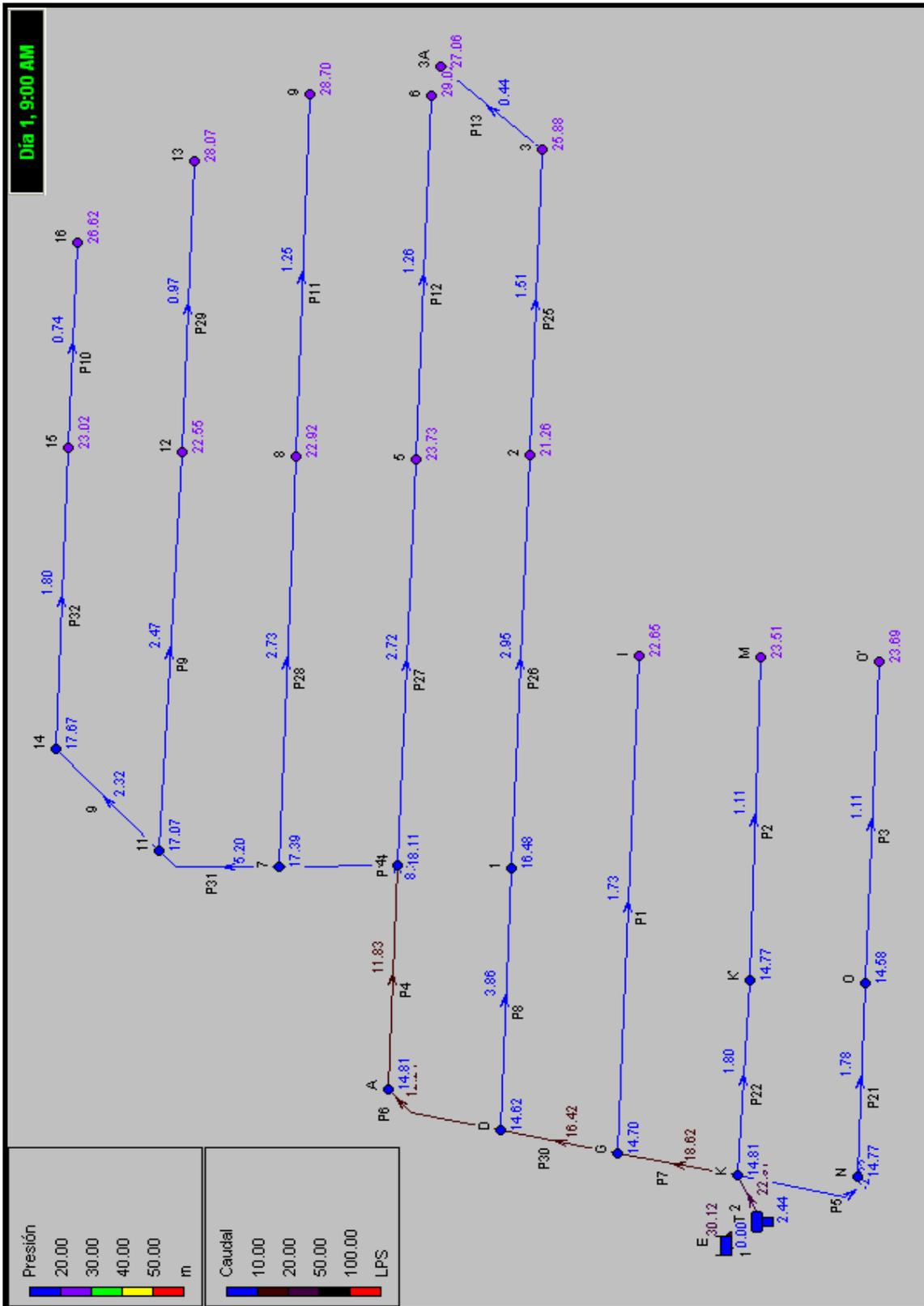


Figura 2.45 c). Análisis para nueve horas de tiempo de permanencia en la red

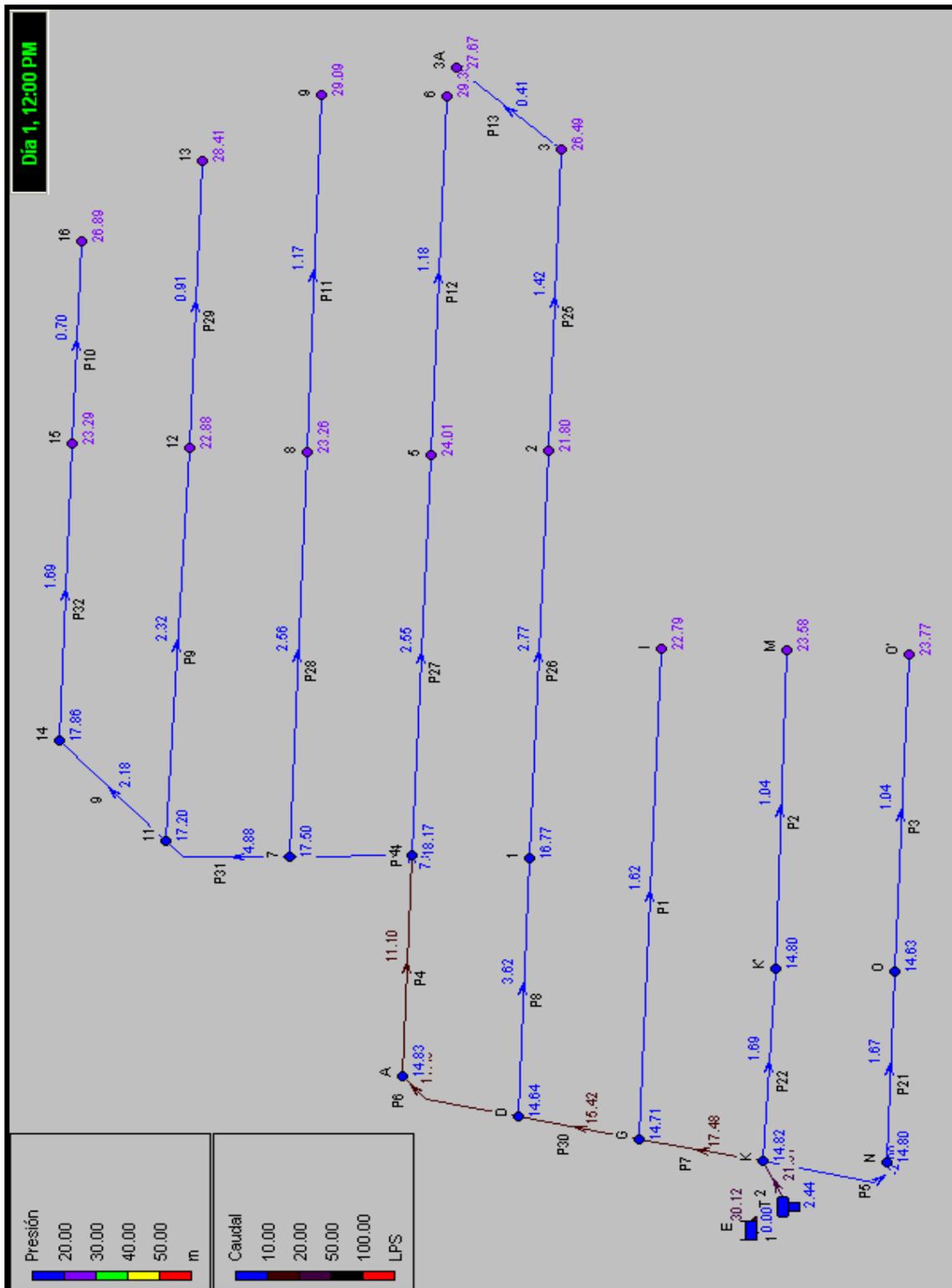


Figura 2.45 d). Análisis para doce horas de tiempo de permanencia en la red

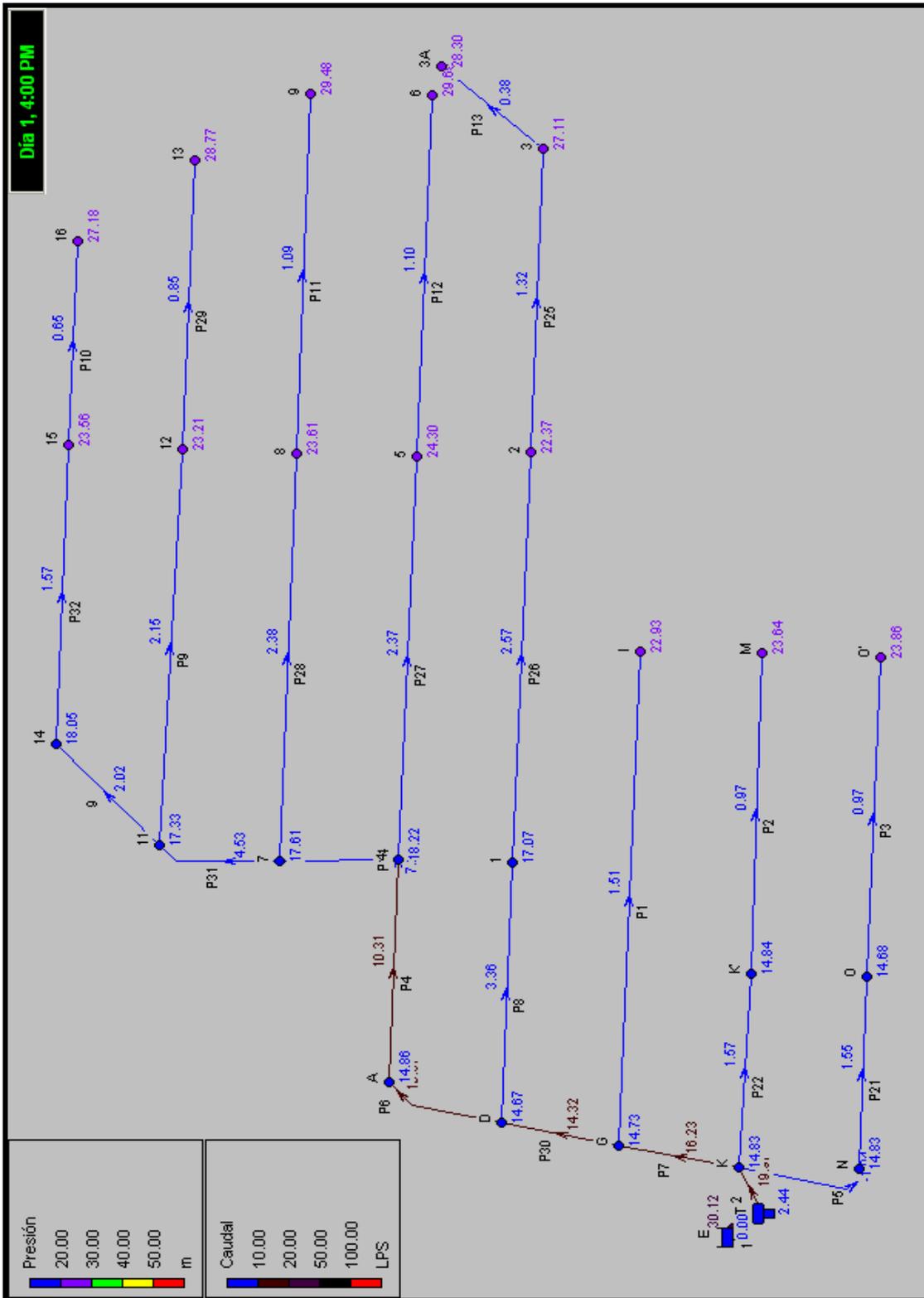


Figura 2.45 e). Análisis para dieciséis horas de tiempo de permanencia en la red

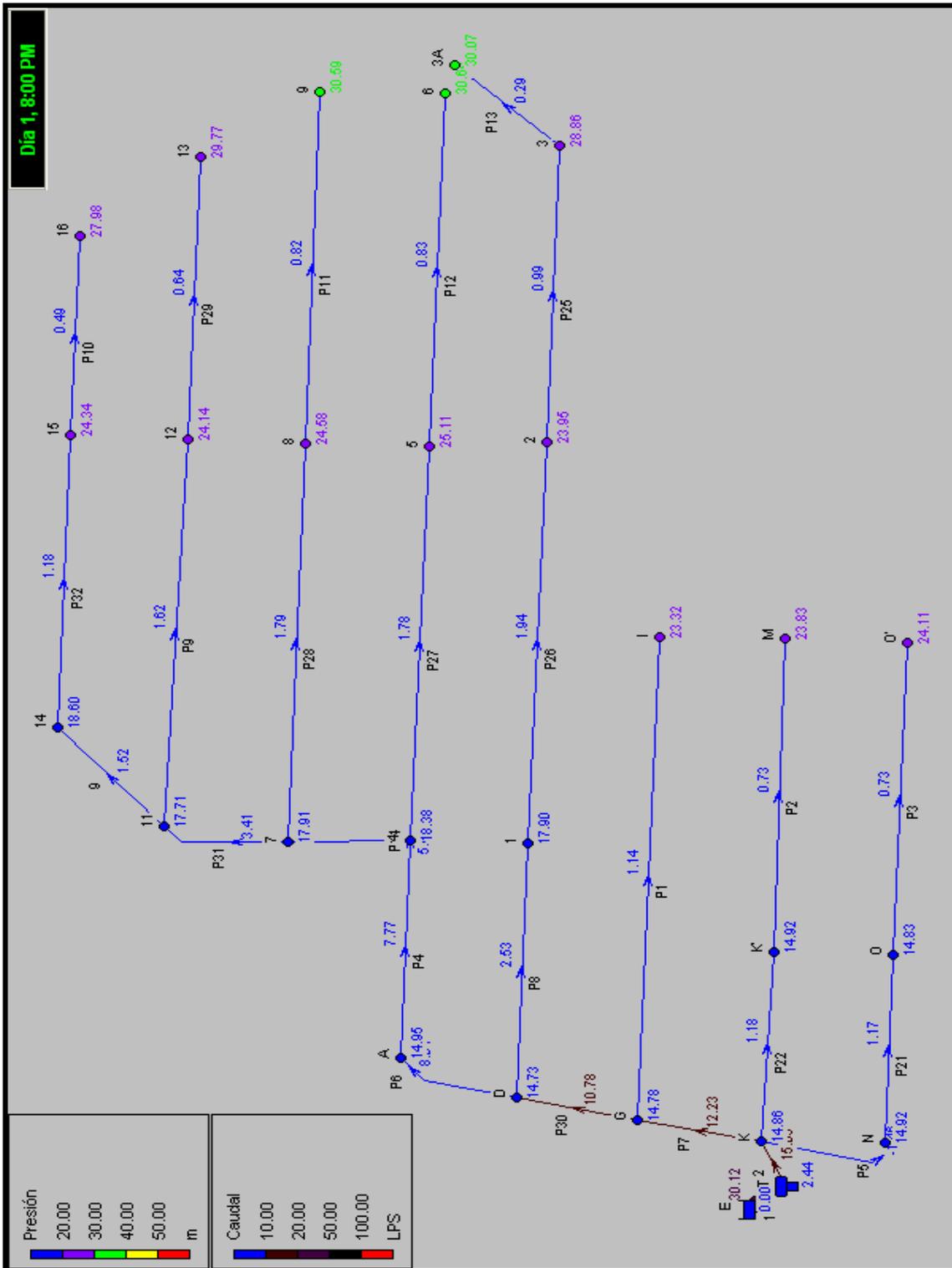


Figura 2.45 f). Análisis para veinte horas de tiempo de permanencia en la red

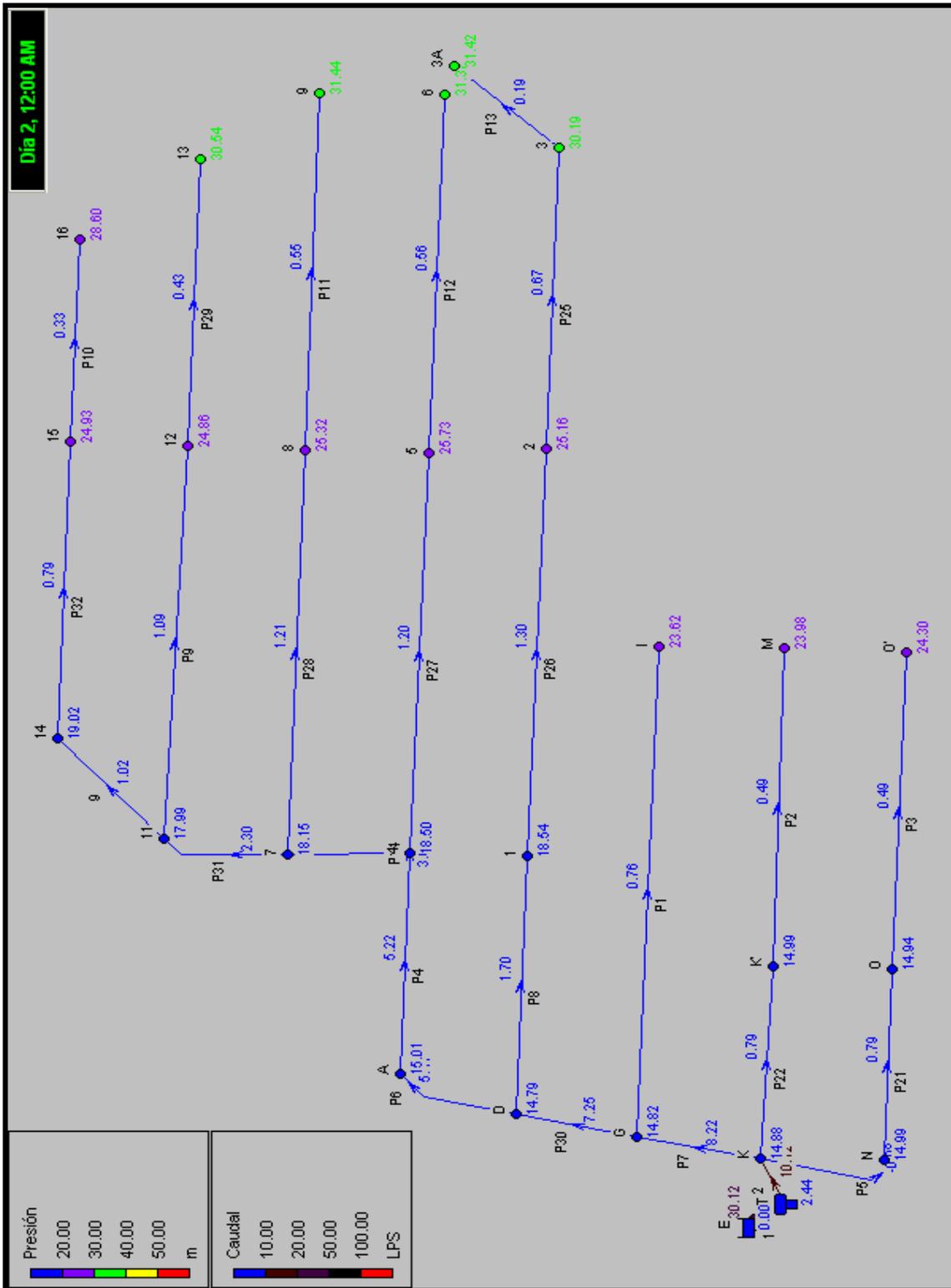


Figura 2.45 g). Análisis para veinticuatro horas de tiempo de permanencia en la red

Como podemos apreciar en los esquemas, las variaciones de gastos en las demandas de la red varían según transcurre el tiempo de simulación hidráulica. Así, para la demanda máxima del gasto horario la apreciamos en el esquema del día 1, de 9 a 10 horas a.m. Mientras que la demanda mínima de gasto horario lo podemos ver en el esquema del día 1, y en horario de 12 a 1 horas, a.m.

Es posible observar conforme transcurre el tiempo de simulación, que los colores de las líneas, y de los nodos, varían, esto nos permite darnos cuenta de las fluctuaciones de nuestra red con claridad y fácil apreciación. En cuanto a los cuadros desplegados en la esquina superior izquierda de los esquemas; el primero hace referencia a la presión, refiriéndose a los nodos, mientras que el de abajo, al caudal, de las líneas.

2.3.2.3. SIMULACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.

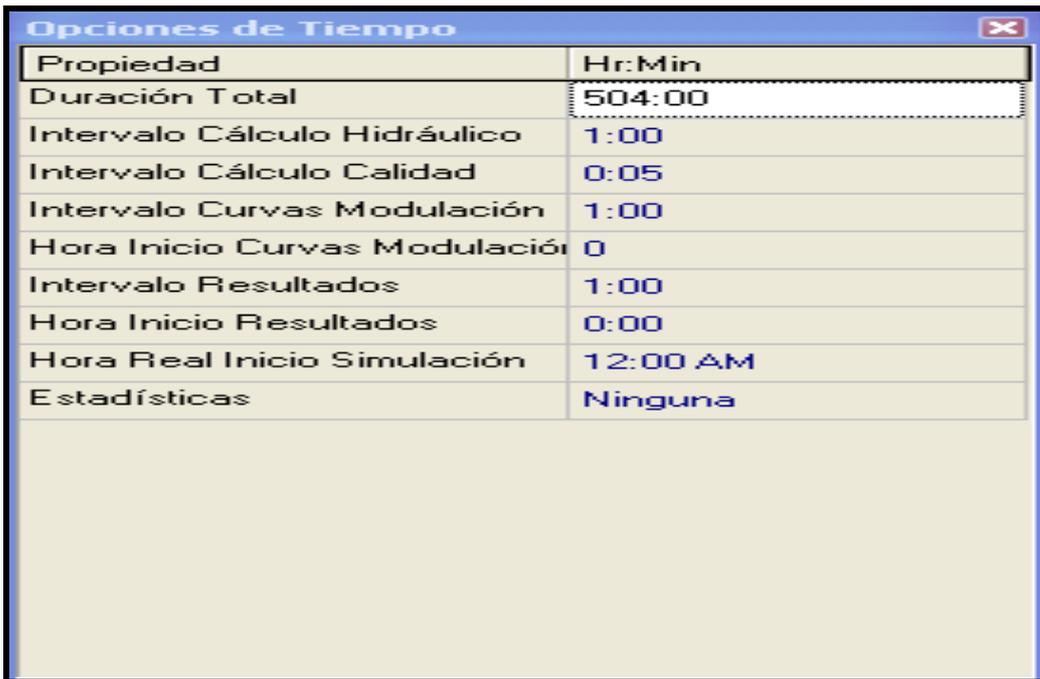
Con Epanet podemos modelar o ampliar el análisis anterior para incorporar un modelo de calidad. El caso más sencillo es realizar un seguimiento del tiempo de permanencia del agua en la red, mientras ésta viaja a través de la misma. Para poder llevar a cabo esta simulación o análisis, seleccionamos el *visor de datos*, a continuación de la lista desplegada seleccionamos *calidad* y presionamos por último el icono de *editar*, que nos muestra un menú, en el que hay que rellenar las opciones que deseemos, en este caso cloro como tipo modelo calidad. El resumen lo podemos ver en el cuadro que presenta la figura 2.46.

| Propiedad | Valor |
|------------------------------|-------|
| Tipo Modelo Calidad | CLORO |
| Unidades de Masa | mg/l |
| Coef. Difusión Relativo | 1 |
| Nudo de Procedencia | E |
| Tolerancia Parámetro Calidad | 0.01 |

Figura 2.46 Esquema de opciones de calidad del agua en Epanet.

Como ultimo paso, se tiene que dar un lapso de tiempo al proyecto, para poder llevar a cabo el análisis de la calidad de agua. Dicho proceso se puede desarrollar como sigue.

En el *visor de datos*, desplegamos el menú *opciones*, después, *tiempo* y pulsamos el icono *editar*, seguido nos aparece un cuadro, en el que hay que llenar las casillas según datos del proyecto, como se muestra en la figura 2.47.



| Propiedad | Hr:Min |
|-------------------------------|----------|
| Duración Total | 504:00 |
| Intervalo Cálculo Hidráulico | 1:00 |
| Intervalo Cálculo Calidad | 0:05 |
| Intervalo Curvas Modulación | 1:00 |
| Hora Inicio Curvas Modulación | 0 |
| Intervalo Resultados | 1:00 |
| Hora Inicio Resultados | 0:00 |
| Hora Real Inicio Simulación | 12:00 AM |
| Estadísticas | Ninguna |

Figura 2.47 Esquema de opciones de tiempo en Epanet

Lo que queda por hacer a continuación, es aceptar los cambios y guardarlos para poder llevar a cabo nuestra simulación de calidad del agua en nuestra red. Una vez hecho lo anterior procedemos a iniciar nuestro proceso de comportamiento del cloro, es decir, como dicho químico, disminuye de concentración en nuestra red, conforme pasa el tiempo de comportamiento hidráulico. En general los cambios podemos apreciarlos en los siguientes esquemas, que muestran las figuras 2.48 (a, b, c, d, e, f, g y h).

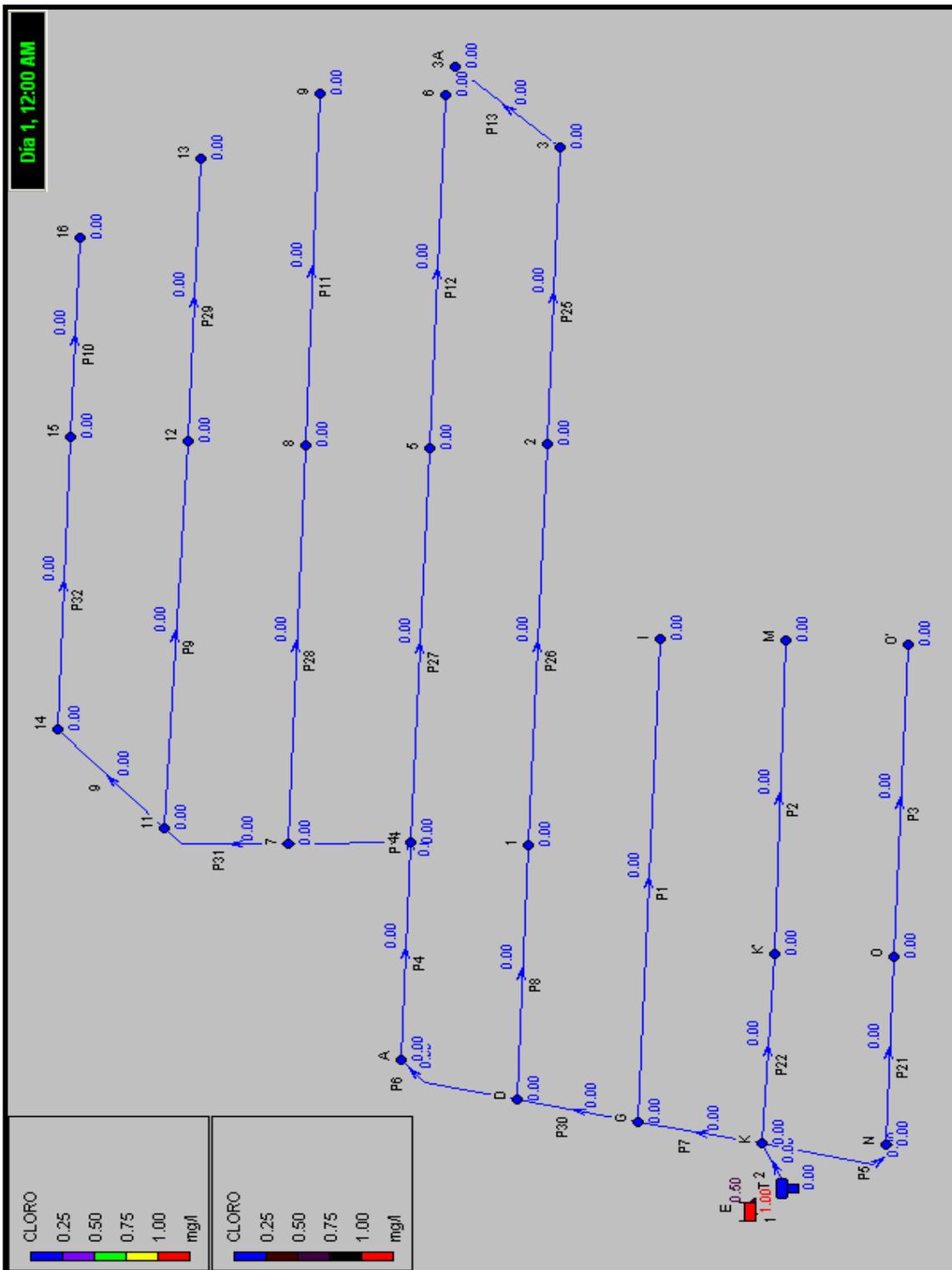


Figura 2.48 a). Calidad de agua para un tiempo de cero horas.

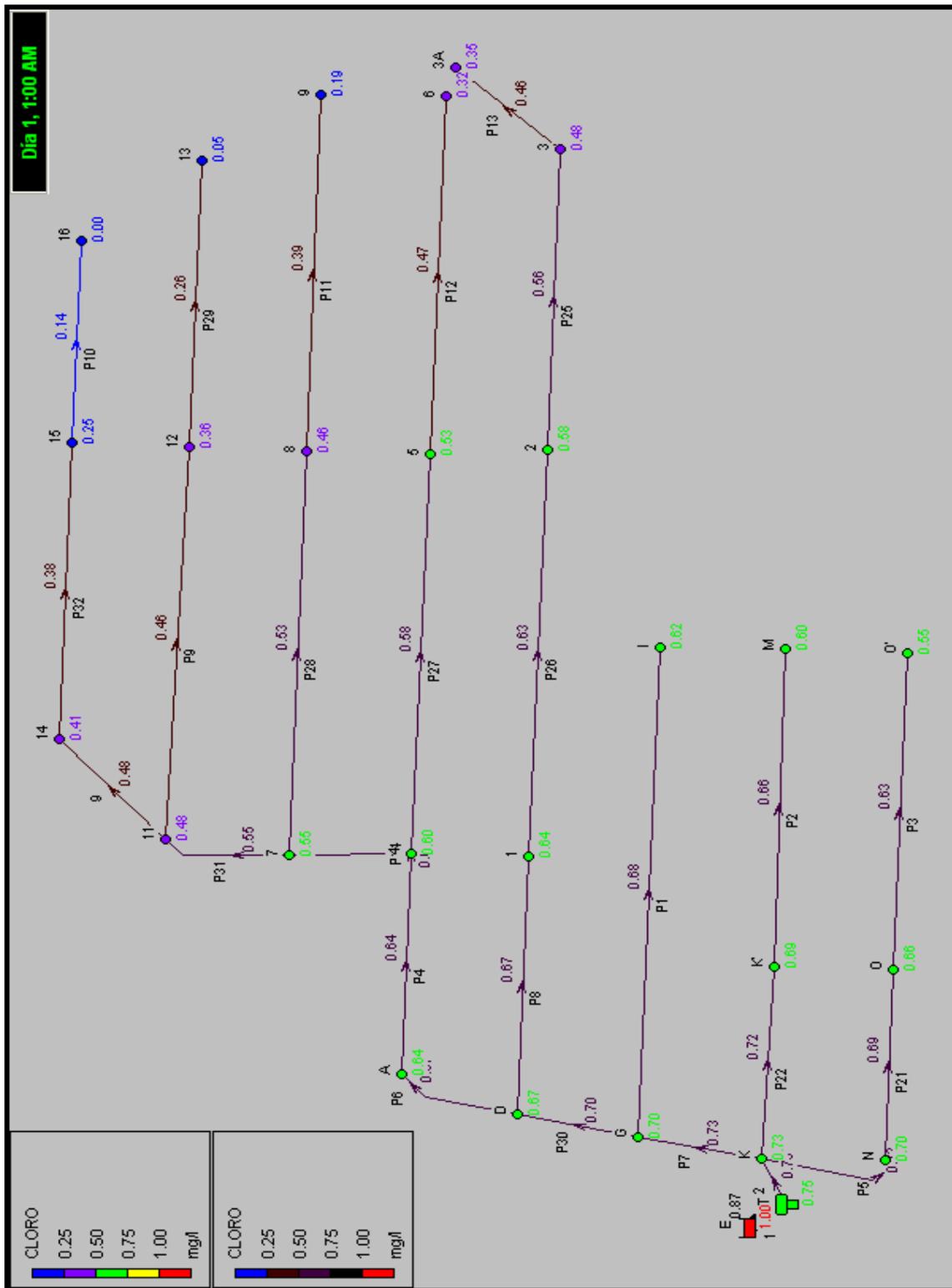


Figura 2.48 b). Calidad de agua para un tiempo de una hora.

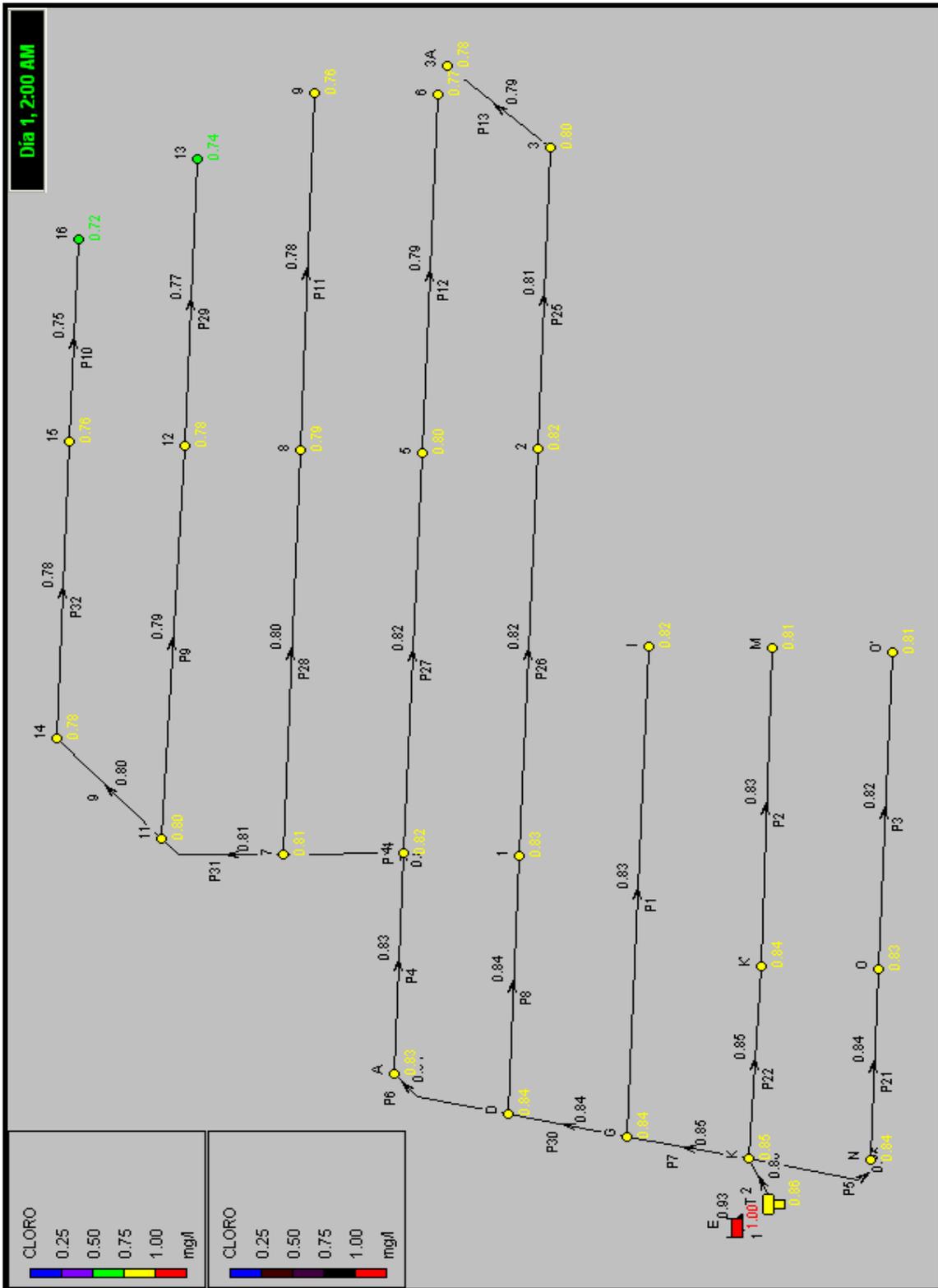


Figura 2.48 c). Calidad de agua para un tiempo de dos horas.

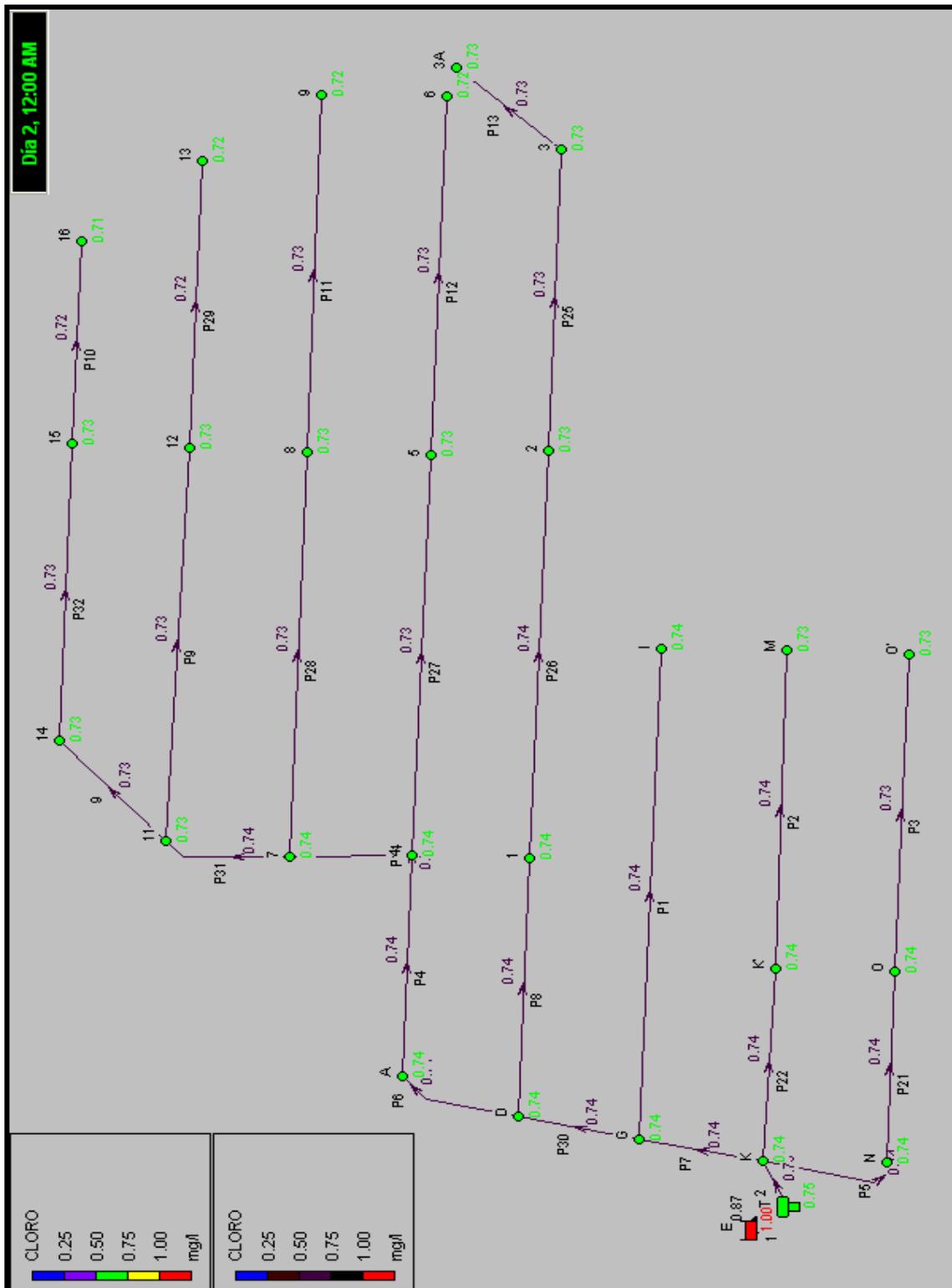


Figura 2.48 d). Calidad de agua para un tiempo de 24 horas.

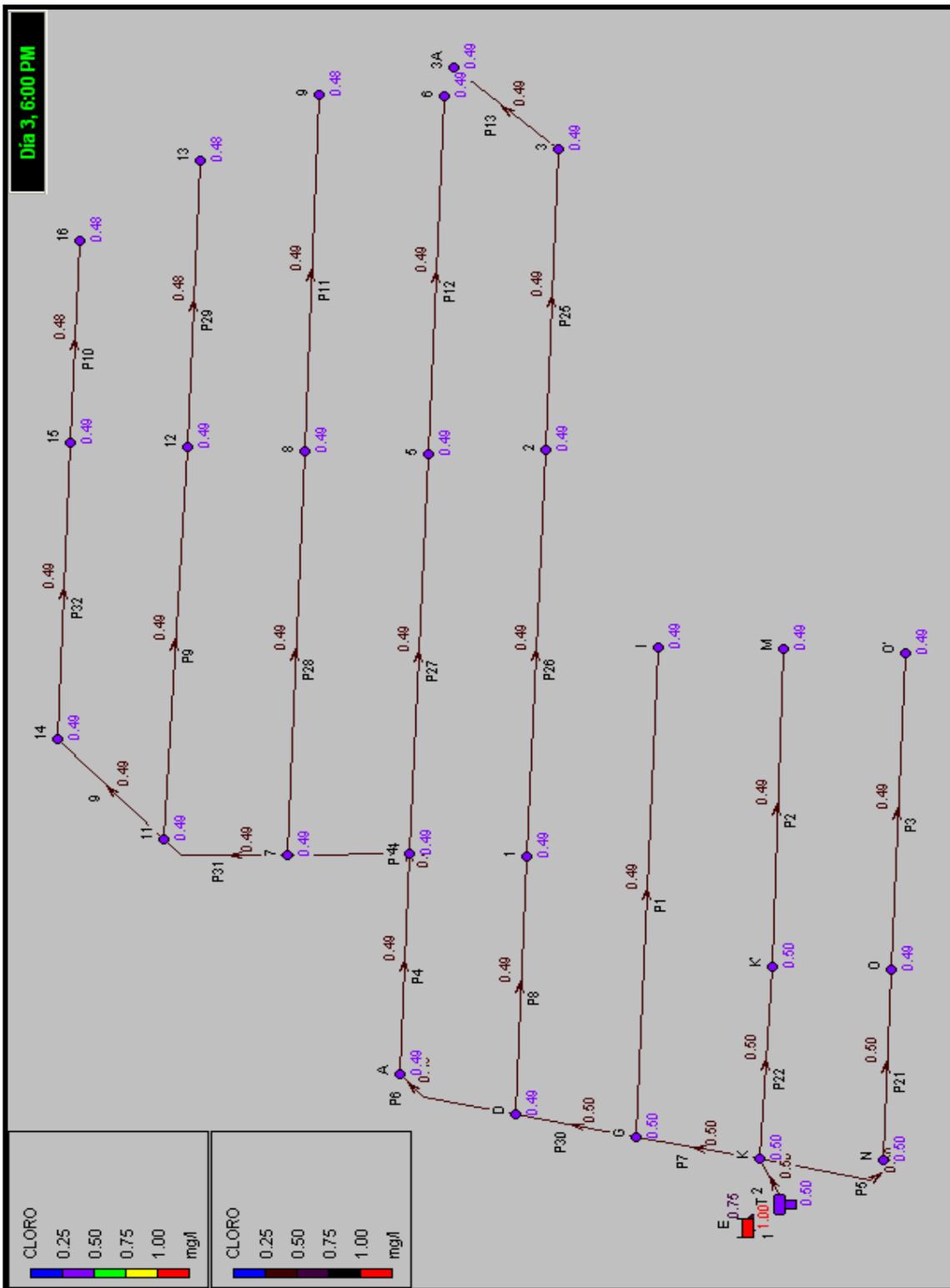


Figura 2.48 e). Calidad de agua para un tiempo de 66 horas

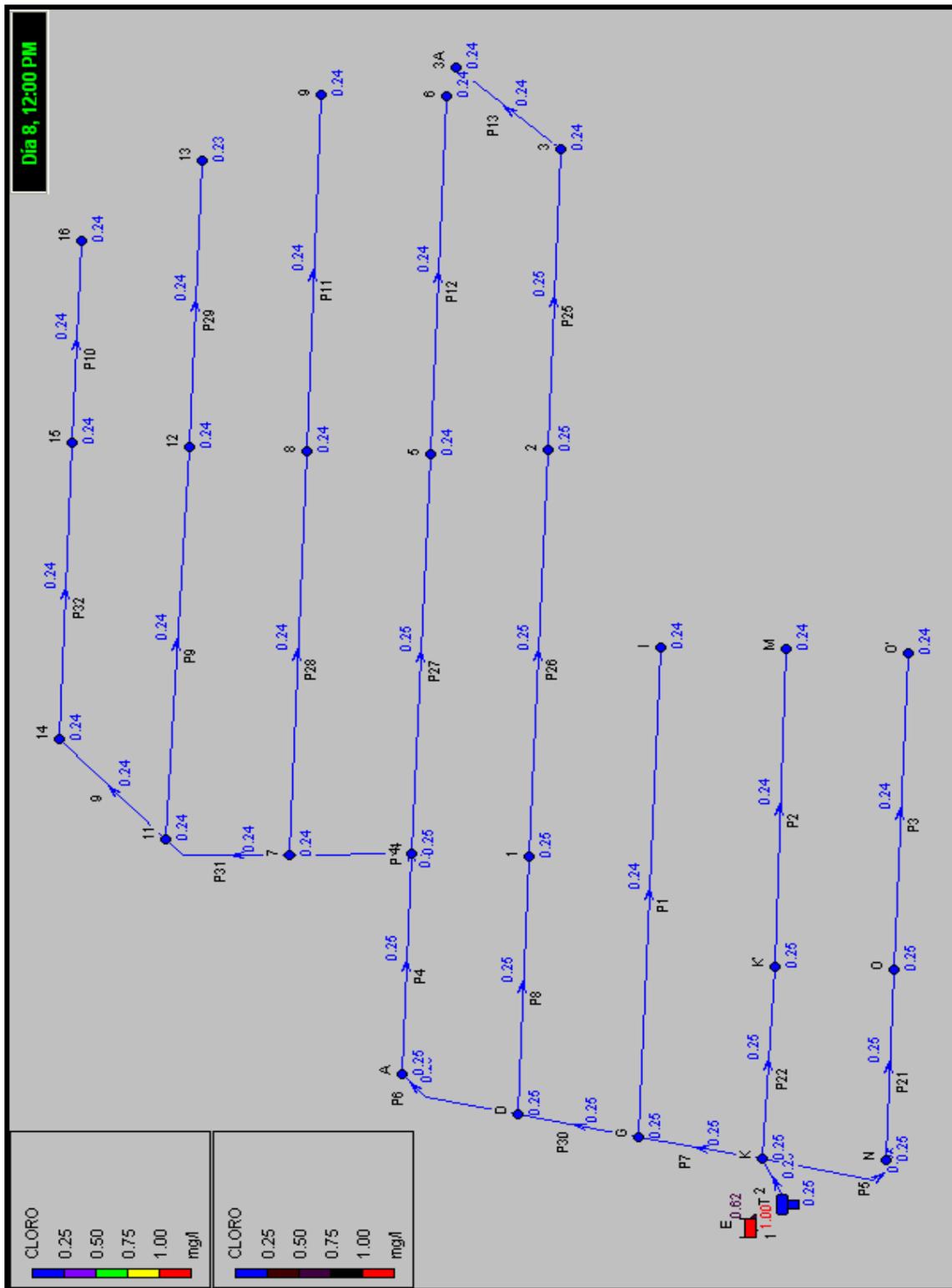


Figura 2.48 f). Calidad de agua para un tiempo de 168 horas

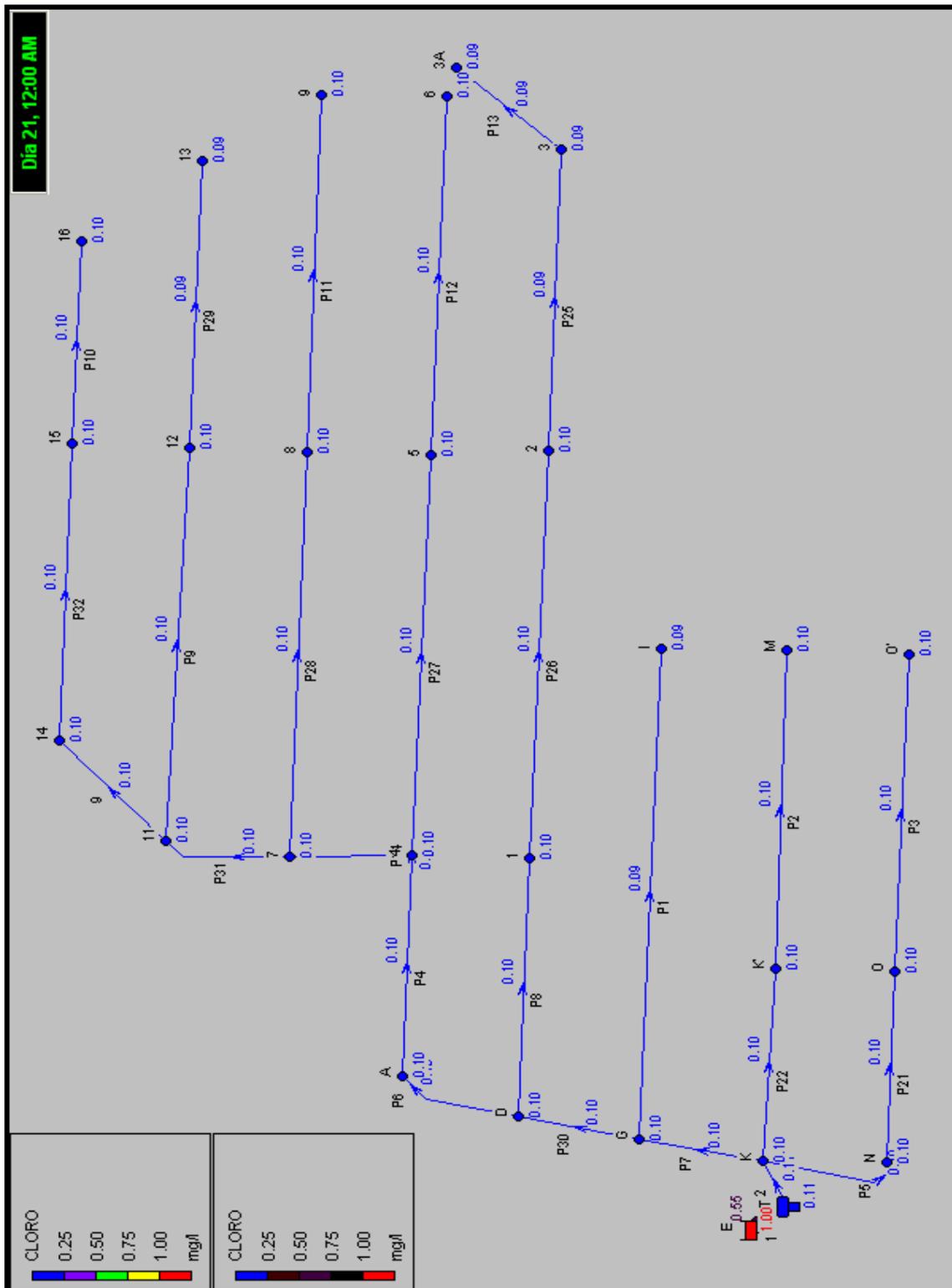


Figura 2.48 g). Calidad de agua para un tiempo de 480 horas.

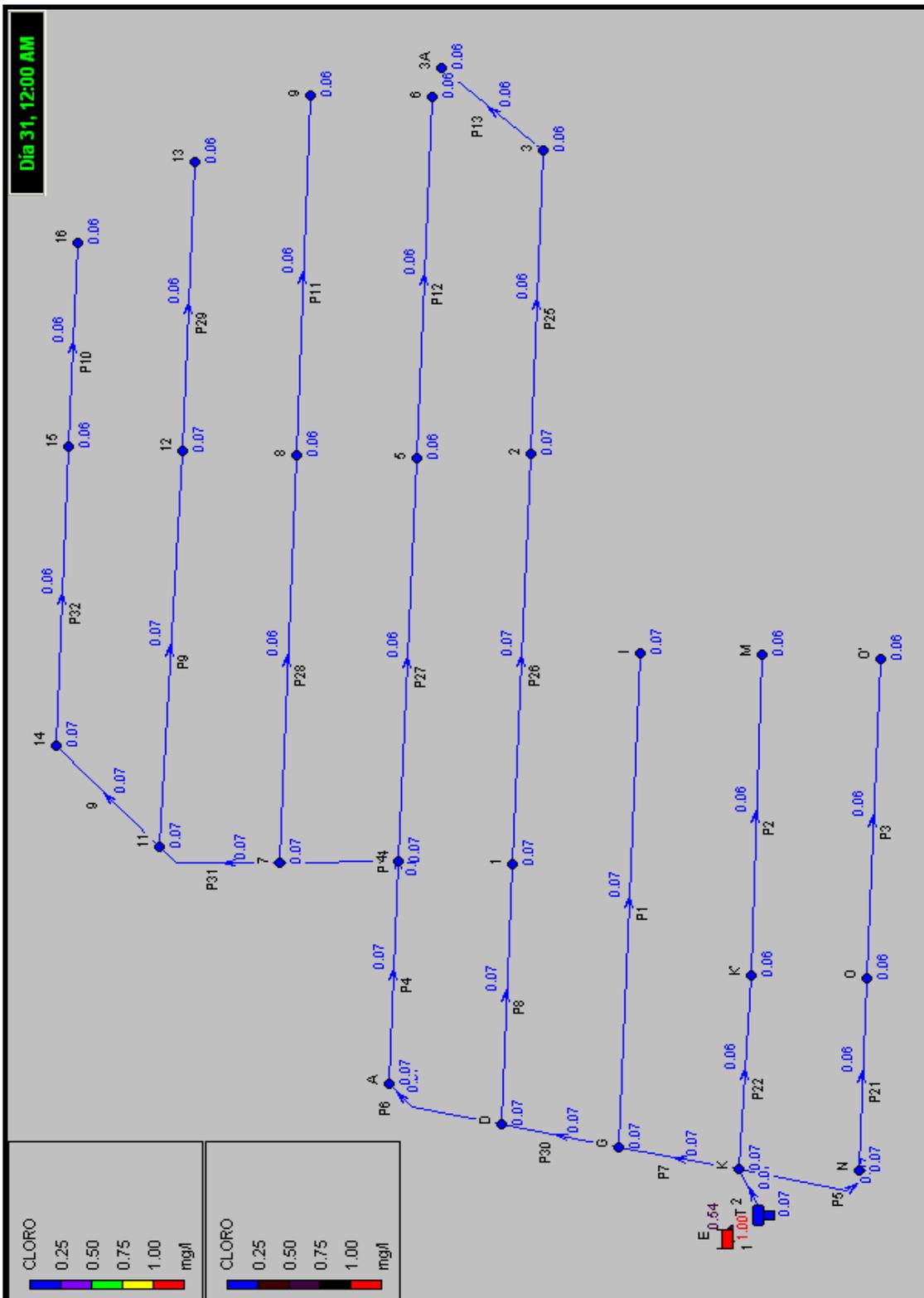


Figura 2.48 h). Calidad de agua para un tiempo de 720 horas.

En los diferentes esquemas anteriores podemos ver como la concentración del cloro va decayendo, conforme se simulan los lapsos de tiempo. Los resultados se pueden apreciar, gracias a la gran variedad de colores que presenta el sistema Epanet, para poder distinguir diferentes resultados de concentraciones, ya sea por nodo o por línea.

2.3.2.4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Para la salida de resultados de la simulación hidráulica ya sea en régimen permanente, como extendido, existe una gran variedad de presentaciones, entre ellos encontramos los que a continuación se describen.

En el sistema Epanet, al seleccionar la opción presión, en la casilla de nodos del visor del esquema en estudio, se observa como los nodos de la red, tienden a cambiar de color según varía el tiempo y la presión en cada uno de ellos.

Otra opción es abrir el editor de propiedades (doble clic sobre cualquier objeto de la red) y observar los resultados calculados que aparecen a final de la lista de propiedades.

También existe la posibilidad de crear una lista tabulada de resultados deseados, seleccionando la opción del menú *informes, tablas*, ya sea de nudos o líneas y lo aceptamos, enseguida se presenta una tabla de resultados de nuestra red calculada, la cual se puede mandar al puerto de impresora.

Por último existe la posibilidad de enviar un informe de todos los cálculos desarrollados, ya sea a una impresora o archivo. Si es el caso archivo, posteriormente lo podemos abrir por medio de un procesador de palabras como word o el bloc de notas, de ahí directamente a impresión si así lo deseamos.

2.3.3. EXCEL

La hoja de cálculo Excel de Microsoft es una herramienta matemática integrada en el entorno Windows, cuya finalidad es la realización de cálculos, con los datos introducidos en la misma, así como la representación de estos valores en forma gráfica.

A estas capacidades se suma la posibilidad de utilizarla como base de datos, además trabaja con hojas de cálculo que están integradas en libros de trabajo, un libro de trabajo es un conjunto de hojas de cálculo y otros elementos como gráficos, hojas de Macros, etcétera.

El libro de trabajo contiene 16 hojas de cálculo que se pueden eliminar, Insertar, mover, copiar, cambiar de nombre. Cada una de las hojas de cálculo Excel es una cuadrícula rectangular que tiene 16,384 Filas y 256 columnas. Las filas están numeradas desde el uno y las columnas están rotuladas de izquierda a derecha de la A hasta la Z, y con combinaciones de letras a continuación. La ventana muestra sólo una parte de la hoja de cálculo. La unidad básica de la hoja de cálculo es una celda. Las celdas se identifican con su nombre de encabezado de columna y su número de fila. La hoja de cálculo se completa introduciendo texto, números y fórmulas.

Con Excel pueden hacerse distintos tipos de trabajos: Hojas de Cálculo, Bases de Datos y gráficos, y por supuesto macros (instrucciones para realizar tareas específicas).

Entonces, debido a sus características mencionadas, Excel es idóneo para lograr bases de datos en forma tabular, para poder posteriormente interactuar con Arc view en su versión mencionada, que es otra de sus capacidades que a nosotros en particular nos beneficia.

Por consecuencia dicho software nos beneficiará, por su entorno y además por su facilidad de crear bases de datos y su fácil integración y modificación de valores numéricos y sus respectivos cambios pensando para una actualización futura.

En la siguiente figura podemos apreciar la pantalla del software Excel y su entorno. (Figura 2.49)

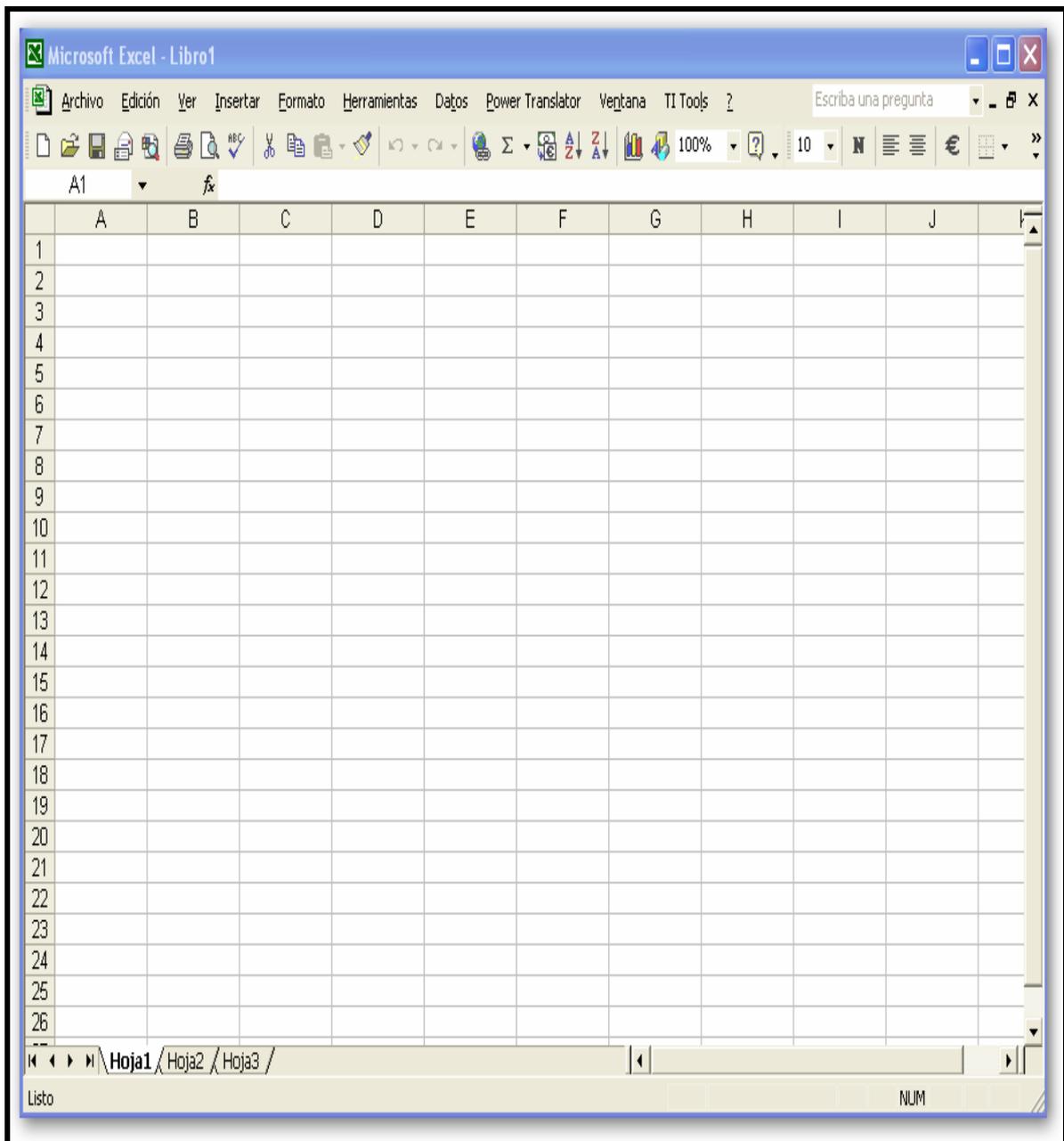


Figura 2.49 Software Excel y su entorno.

2.4. OBTENCIÓN, DEPURACIÓN E INGRESO DE DATOS AL SISTEMA

2.4.1 DATOS DEL MEDIO FÍSICO DE LA LOCALIDAD.

1.-Ubicación

Tehuacán se localiza en la parte sureste del estado de Puebla, colindando al norte con Tepanco de López, Santiago Miahuatlan, Nicolás Bravo, y Vicente Guerrero, al este con Vicente Guerrero, San Antonio Cañada y Ajalpan, al sur con San Gabriel Chilac, Zapotitlan y Altepexi y al oeste con Zapotitlan, San Martín Atexcal, Juan N. Méndez y Tepanco de López.

2.-Extensión

Tehuacán, representa el 1.15% de la superficie del Estado, abarcando una extensión aproximada de 390.36 km² que lo ubican en el lugar 18.

3.-Clima

La mayor parte del municipio (el 31.61% de su superficie total) cuenta con un clima semiseco-semicálido (BS1h), producto del efecto de sombra de lluvia orográfica que se forma por la sierra de Zongolica, ubicada entre el Valle y el Golfo de México.

La ciudad de Tehuacán presenta un clima semiárido semiseco con una temperatura media anual de 18.6° C, con invierno fresco y una precipitación anual de 479.5 mm.

Cabe mencionar que la precipitación en el Valle ha dado lugar a que los procesos del suelo se efectúen con mucha lentitud, pues a través de los mismos pasa una mínima cantidad de agua que no provoca la pérdida de materiales por lavado.

Debido a esto, las cantidades de bases tales como calcio, magnesio y potasio, son considerables. El porcentaje de lluvias invernales respecto al total anual es inferior al 5%, los vientos dominantes siguen las direcciones este y sureste, con una velocidad de entre 6 y 11 Kilómetros por hora para los primeros y de 13 a 26 Km/Hora para los segundos, especialmente durante los meses de Febrero y Marzo.

Se cuenta con 6 a 8 meses ecosecos durante el año. Los días con heladas registrados para el Valle de Tehuacán son de 2 a 26 (del mes de Noviembre a Febrero se presentan algunas heladas). Durante Abril y Mayo ocurren granizadas de cierta consideración. En la comunidad de Santa Catarina Oztolotepec y sus inmediaciones (27.32% de la superficie municipal) el clima es templado subhúmedo con lluvias en verano de

baja humedad o C(w0). El resto del territorio de Tehuacán presenta clima seco semicálido, semiseco templado, templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad media, templado subhúmedo con lluvias en verano de humedad alta y seco muy cálido.

4.-Flora

La provincia florística denominada Tehuacán-Cuicatlán, localizada en la parte sureste del Estado de Puebla y al noreste del Estado de Oaxaca, forma parte de la región xerofítica mexicana. El Valle Tehuacán-Cuicatlán, pese a estar ubicado en dos entidades federativas y ser de gran extensión, constituye una sola unidad biogeográfica de relevancia mundial debido principalmente a la amplia gama de hábitat y de especies de fauna y flora silvestres representativos de la biodiversidad nacional, incluidas algunas de estas últimas en las categorías endémicas, amenazadas y en peligro de extinción.

De acuerdo al Decreto por el que se declara la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán (1998) existen en esta zona más de 3,000 especies vegetales y animales superiores, entre las que resaltan las cactáceas. Así en el Valle de Tehuacán se encuentran los siguientes tipos de vegetación: matorral desértico rosetifolio (ocupando un 40%), matorral crasicale (28%), selva baja caducifolia (25%) y bosque de pino-encino (7%).

Destacan los bosques de cactáceas columnares arborescentes de techos (*Neobuxbaumia* sp.) cardonales (*Pachycereus* sp., *Mitrocereus* sp.), sotolín o pasta de elefante (*Beurcanea gracilis*), matorrales con izotes (*Yucca periculosa*), lechuguillas (*Hechtia podantha*), cuajilotes (*Bursera arida*), matorrales espinosos con nopales (*Opuntia* sp.), biznagas (*Ferocactus* sp., *Mammillaria* sp.), garambullos (*Myrtillocactus* sp.), mezquites (*Prosopis* sp.), agaves (*Agave* sp.), asientos de suegra (*Echinocactus platyacanthus*) y los bosques de pino-encino (*Pinus* sp., *Quercus* sp.).

5.-Fauna

La fauna de Tehuacán se conoce en menor que la flora, pero se puede afirmar que está conformada por especies tales como hormigas, termitas, serpientes, iguanas negras, iguanas verdes, lagartijas, conejos, ardillas, liebre de campo y pequeñas aves como pájaros carpinteros, codornices, chichicuilotos, palomas, lechuzas búhos, gorriones mexicanos, colibríes, zopilotes, golondrinas y halcones.

Entre los vertebrados se pueden incluir la gran variedad de anfibios y reptiles, los murciélagos y las aves.

6.-Hidrografía

El 99.56% de la superficie municipal se localiza dentro de la Región Hidrológica Papaloapan RH28, dentro de la Cuenca del mismo nombre, en la cual se diferencian las Subcuentas del Río Blanco. El restante 0.44% se encuentra en la Región Hidrológica Balsas, Subcuenca Atoyac. Las corrientes superficiales que riegan el municipio provienen de las Sierras de Zongolica, de Zapotitlán y del norte del municipio. Destaca el río La Huertilla, el cual se une al canal de Tehuacán y forman el río del mismo nombre. Dicho afluente se convierte aguas abajo en uno de los principales formadores del Papaloapan. El Río Papaloapan se origina en la Sierra Madre de Oaxaca y el Nudo Mixteco. En territorio Poblano la cuenca de este río ocupa la porción sureste. Específicamente, de la Sierra de Zongolica se reciben numerosos arroyos que bañan el este y el noreste, hacia el Valle de Tehuacán, donde inicia el llamado corredor hidráulico de Tehuacán (formado por el angostamiento topográfico entre los cerros de la Sierra Negra al Noreste y San Lorenzo Teotipilco al sur).

Cabe mencionar que en el municipio existen varios manantiales minerales entre los que destacan El Riego, el cual es explotado por la embotelladora del mismo nombre, San Lorenzo, Garci-Crespo, también aprovechado por la embotelladora del mismo nombre, Santa Cruz, La Granja, San Miguelito, entre otros.

7.-Fisiografía

El territorio municipal se encuentra dentro de dos provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico (compuesto por valles y llanuras) y la Sierra Madre del Sur (con topo formas de sierra y valles).

Al oriente las formas alcanzan una altura de hasta 2,950 metros sobre el nivel del mar y muestran un declive constante hacia el sureste hasta estabilizarse a una altura promedio de 1,600 m s n m, más adelante comienzan a ascender en las inmediaciones de la Sierra de Zapotitlán hasta llegar a alturas de 2,750 m s n m.

2.4.2. DATOS DE LA RED DE AGUA POTABLE

Para la elaboración de un proyecto ejecutivo de un sistema de distribución de agua potable es necesario desarrollar una serie de estudios tanto de campo como de gabinete, los cuales nos permitan generar información básica para el diseño de la misma red.

a).- Estudios preliminares

Estos estudios constaron de visitas al lugar, para poder establecer un marco físico, el cual nos definiría datos como categoría política, ubicación, vías de comunicación, clima y servicios públicos en general.

b).-Estudios de gabinete

Estos estudios se pueden realizar en de la siguiente manera.

Análisis de información:

Con toda la recopilación de información obtenida en el área de estudio, se procedió a analizarla para poder elaborar un diagnóstico de los alcances y metas del proyecto, determinándose como propuesta definitiva el proyecto de una red de distribución de agua potable nueva en las zonas de estudio.

Determinación de los datos básicos de proyecto

Población actual:

Cuando el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (I N E G I), no tiene en su registro el número de habitantes actuales en la población o área de estudio, es necesario definir la zona del asentamiento como popular, media o residencial, de igual forma se delimitaran las zonas industriales, como las comerciales. Después se procede a elaborar un muestreo en las zonas habitacionales, para definir la densidad de población media (hab./ha) que; si la multiplicamos por el área de cada zona de asentamiento, nos proporcionara la población actual.

Ahora para poder verificar los datos obtenidos en el proceso anterior, es conveniente realizar tareas de investigación, tanto, en el organismo operador de agua de la localidad, como en la C F E o en la Compañía de Luz del mismo sitio, en la primera nos pueden proporcionar, el número de tomas domiciliarias actuales, número de habitantes por predio, etcétera; mientras que en la segunda dependencia, se puede conocer, el número de acometidas eléctricas, habitantes por predio etcétera.

De acuerdo a los procesos anteriormente descritos, en las zonas habitacionales de Nueva España y Bella vista tenemos una población actual de: 3324 habitantes.

Población y periodo económico de proyecto:

En este apartado es necesario determinar la población del área en estudio a futuro, para poder llevar a cabo dicha encomienda, es necesario saber como se ha venido desarrollando la población de la zona en estudio, o a través de censos oficiales levantados cada 10 años, se puede conocer como ha venido creciendo la población. Conocida la población pasada y presente, se puede determinar la futura o de proyecto. En nuestro caso como es gestión operacional, ninguno de los anteriores ejemplos nos compete, solo para darnos un panorama de poblaciones vecinas que sean congruentes en proyección a futuro, el cual nos sirve únicamente como dato.

Existen varios métodos para determinar la población futura, siendo el de los mínimos cuadrados, el que actualmente la CONAGUA aplica en sus normas, por ser el más preciso. En cuanto al periodo económico de proyecto, se ha venido determinando de acuerdo a la magnitud de la población de proyecto.

Dotación:

Es la cantidad de agua que se le asigna a cada habitante, durante un día para que cubra sus necesidades. Esta se determina en función de un estudio de consumos de agua potable (domestico, publico, comercial, fugas y desperdicios), que se tiene en una población. En la tabla 2.2, se presentan las dotaciones de proyecto.

| TABLA DE DOTACIONES DE PROYECTO EN lts/hab/ día | | | |
|--|---------------|-----------------|-------------|
| HABITANTES | CALIDO | TEMPLADO | FRIO |
| De 2500 a 15000 | 150 | 125 | 100 |
| De 15000 a 30000 | 200 | 150 | 125 |
| De 30000 a 70000 | 250 | 200 | 175 |
| De 70000 a 150000 | 300 | 250 | 200 |
| De 15000 en adelante | 350 | 300 | 250 |

Tabla 2.2. Dotaciones de proyecto.

Siendo la dotación final, que corresponde para nuestro proyecto de 200 l/hab/día.

GASTOS DE DISEÑO:

Gasto medio diario:

Se puede calcular con la siguiente expresión

$$Q.\text{medio} = (\text{Población} * \text{dotación}) / (86\ 400 \text{ seg. de un día})$$

Este resultado en litros por segundo l.ps.

Dando un resultado de 7.70 lps.

Gasto máximo diario:

Se puede calcular con la siguiente expresión

$$Q.\text{max.} = (Q.\text{ medio} * C.V.D.)$$

Donde C.V.D. significa coeficiente de variación diaria, y el resultado en l.ps.

Para este parámetro tenemos un resultado de 10.80 lps.

Gasto máximo horario:

Se obtiene a través de la siguiente expresión

$$Q.\text{max. horario.} = (Q \text{ max. Diario} * C.V.H.)$$

Donde el resultado en lps y C.V.H significa coeficiente de variación horaria, dando por resultado de 16.72 lps.

Coeficiente de variación diario y horario:

En este renglón tenemos que tener en cuenta, las condiciones climáticas, los días laborales y demás actividades, que pueden producir fluctuaciones diarias y horarias en la demanda de agua. Lo anterior da origen a los coeficientes de variación.

Como los requerimientos que se tienen del agua no son constantes en una población dada, durante un año de consumo, ni durante un día de ello, sino que varia esta demanda con el tiempo en forma diaria y horaria, por lo tanto tenemos:

La CONAGUA establece que en este lineamiento de variación pueden ser:

Coeficiente de variación diaria-----1.4

Coeficiente de variación horaria-----1.55

RESUMEN DE LOS DATOS BÁSICOS HIDRÁULICOS DE PROYECTO

En la tabla 2.3, se presentan los datos básicos del proyecto.

| DATOS DEL PROYECTO INTEGRAL CONJUNTOS BELLA VISTA Y NUEVA ESPAÑA | |
|---|--------------------------|
| No. DE VIVIENDAS | 831 |
| No. DE HAB. / VIV. | 4 |
| No. TOTAL DE HABITANTES | 3,324.0 hab. |
| DOTACIÓN | 200 Lts./Hab./Día |
| GASTO MEDIO | 7.70 Lps. |
| GASTO MAXIMO DIARIO | 10.80 Lps. |
| GASTO MAXIMO HORARIO | 16.72 Lps. |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN DIARIA | 1.4 |
| COEFICIENTE DE VARIACIÓN HORARIA | 1.55 |
| LONGITUD DE TUBERÍA | 2,453.68 Mts. |
| GASTO UNITARIO | 0.0040 Lps. |
| EL SUMINISTRO | POZO-PROFUNDO |

Tabla 2.3 Resumen de datos de proyecto.

2.4.3 DATOS PARA LA GESTION DE LA RED DE AGUA POTABLE

La aplicación de técnicas informáticas, apoyadas en la utilización de medios de geoposicionamiento (GPS), se muestra más rentable en los trabajos de actualización y comprobación de datos concretos de la red. Esta metodología permite al operario tener toda la información de la red en su equipo informático, y comprobar con gran facilidad la adecuación de los datos almacenados con la realidad que está observando.

La gestión actual de las redes de agua hace imprescindible disponer de la máxima información posible sobre las instalaciones existentes y el funcionamiento de las mismas. Desde hace relativamente pocos años, en zonas urbanas consolidadas es posible encontrar medios informáticos y cartográficos que recogen con mayor o menor grado de detalle, la disposición y ciertos datos de estas redes. Pocas empresas han implementado su red en sistemas de información geográfica (SIG), lo que permite una gestión y un análisis más eficiente de la misma.

En primer lugar se muestra especial importancia en la labor realizada para definir y caracterizar cada uno de los elementos de interés que componen las redes de abastecimiento y saneamiento, especificados en fichas individualizadas que facilitan el trabajo de toma de datos en campo. Este punto ha ocupado una cantidad de tiempo importante dentro del total del trabajo, hasta conseguir definir con gran precisión cada uno de los elementos de la red, diferenciando en ellos cada parámetro técnico y de funcionamiento que pueden ser de interés para el gestor de la red.

Independientemente de la técnica empleada en campo para la adquisición de datos, la finalidad es conseguir almacenar en un sistema de información geográfica los valores característicos de los elementos de las redes (CONAGUA, 2005).

Para poder llevar acabo dichos levantamientos de campo la CONAGUA emite ciertos formatos de levantamientos (FC-1, FC-2), (ver anexo D).

En cuanto los levantamientos fueron realizados, se procede al procesamiento de la información, la cual involucra las actividades de conversión de datos levantados, planillas de campo, hasta el vaciado de información registrada en los formatos emitidos por la CONAGUA.

El proyecto elaborado ha permitido caracterizar adecuadamente las redes de abastecimiento y saneamiento de una población dada, y se han definido procesos de adquisición de datos más adecuados a las necesidades de las empresas de gestión. Este es el primer paso que permitirá profundizar en la optimización de esta información a través de la utilización de SIG integrados con aplicaciones para el modelado y el control de las redes, que aumentarán la calidad de estos servicios fundamentales de nuestra sociedad.

APLICACIÓN DEL SISTEMA A UN FRACCIONAMIENTO

3. APLICACIÓN DEL SISTEMA A UN FRACCIONAMIENTO

La ubicación de los conjuntos habitacionales de Bellavista y Nueva España, se muestra en la figura 3.1 a) y b).

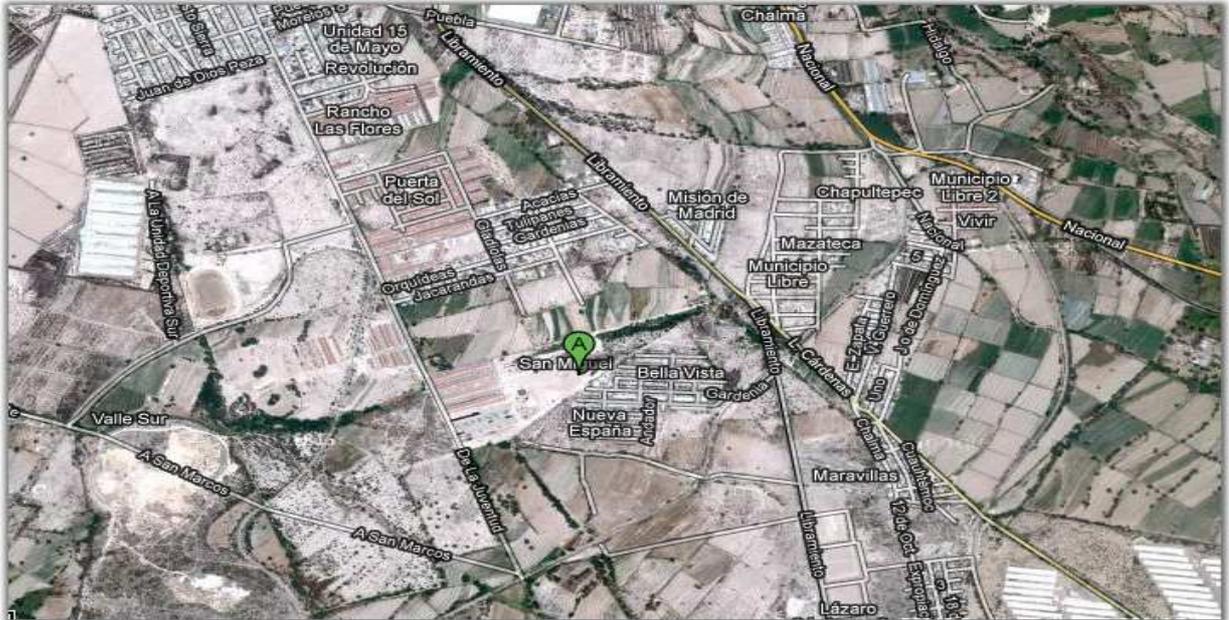


Figura 3.1a) Croquis de localización de los conjuntos habitacionales.

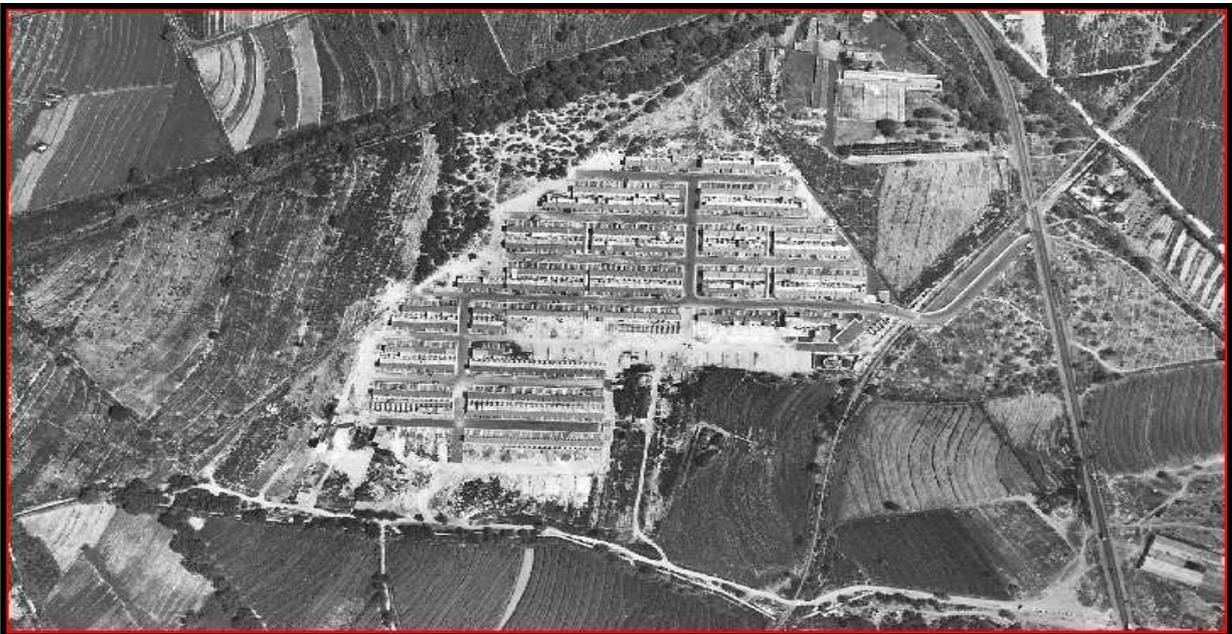


Figura 3.1b) Croquis de localización (foto aérea).

El uso de un SIG en un sistema de distribución de agua, ayuda a modelar y organizar de una manera eficiente los componentes del sistema hidráulico dado. De esta manera el enfoque sistemático dado aquí, trata de vincular los procesos que acompañan en una distribución de agua en estas condiciones, por tal motivo se pretende que este SIG sea un instrumento eficaz que contribuya a una planificación y gestión del sistema y a través de estructuras de control y regulación, lograr un uso responsable de los componentes que integran el sistema hidráulico.

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información; sin embargo, en los SIG hay que considerar las características especiales de los datos utilizados y sus correspondientes procesos de actualización.

Es indiscutible que los datos son el principal activo de cualquier sistema de información. Por ello el éxito y la eficacia de un SIG se miden por el tipo, la calidad y vigencia de los datos con los que opera. En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones.

Los sistemas de información geográfica constituyen una herramienta formidable para la gestión de medios hidráulicos, porque permiten construir modelos digitales a partir de la información asociada a estos. Con esta utilización, el desarrollar aplicaciones informáticas y comprender mejor la realidad de los medios de distribución de agua es una tarea sistemática por lo que es preciso establecer un programa de secuencia de eventos, el cual, nos ayude a lograr una mejor aplicación de los datos recolectados, para posteriormente utilizar dicha información y plasmarla en el sistema. Por lo tanto, la ejecución del SIG del sistema hidráulico antes mencionado, se realizó de acuerdo a los objetivos de esta tesis; entonces a manera de diagrama de flujo se presenta un esquema de desarrollo del sistema en la figura 3.2.

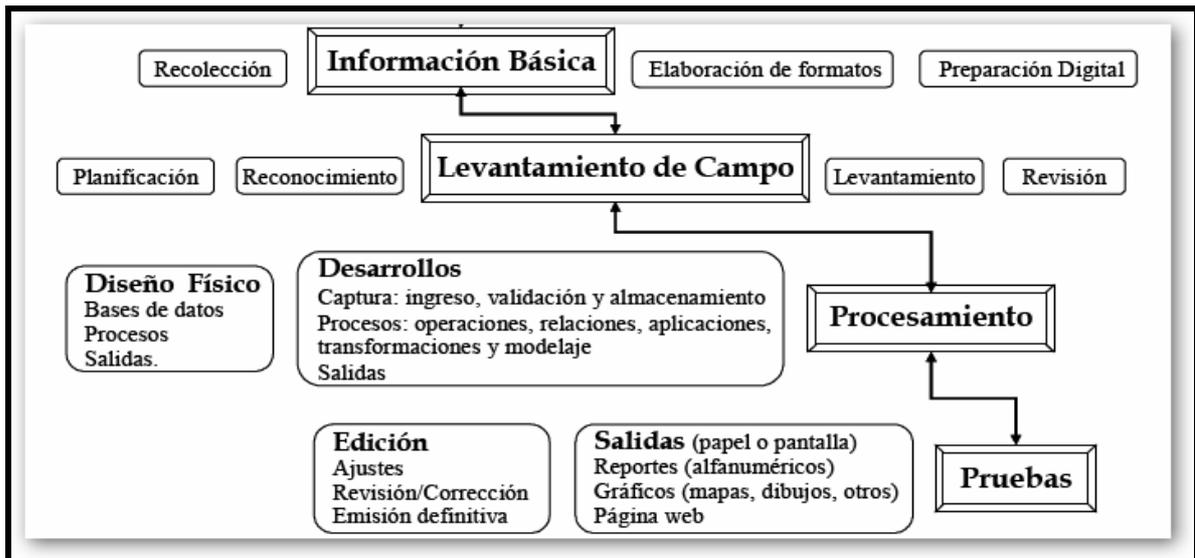
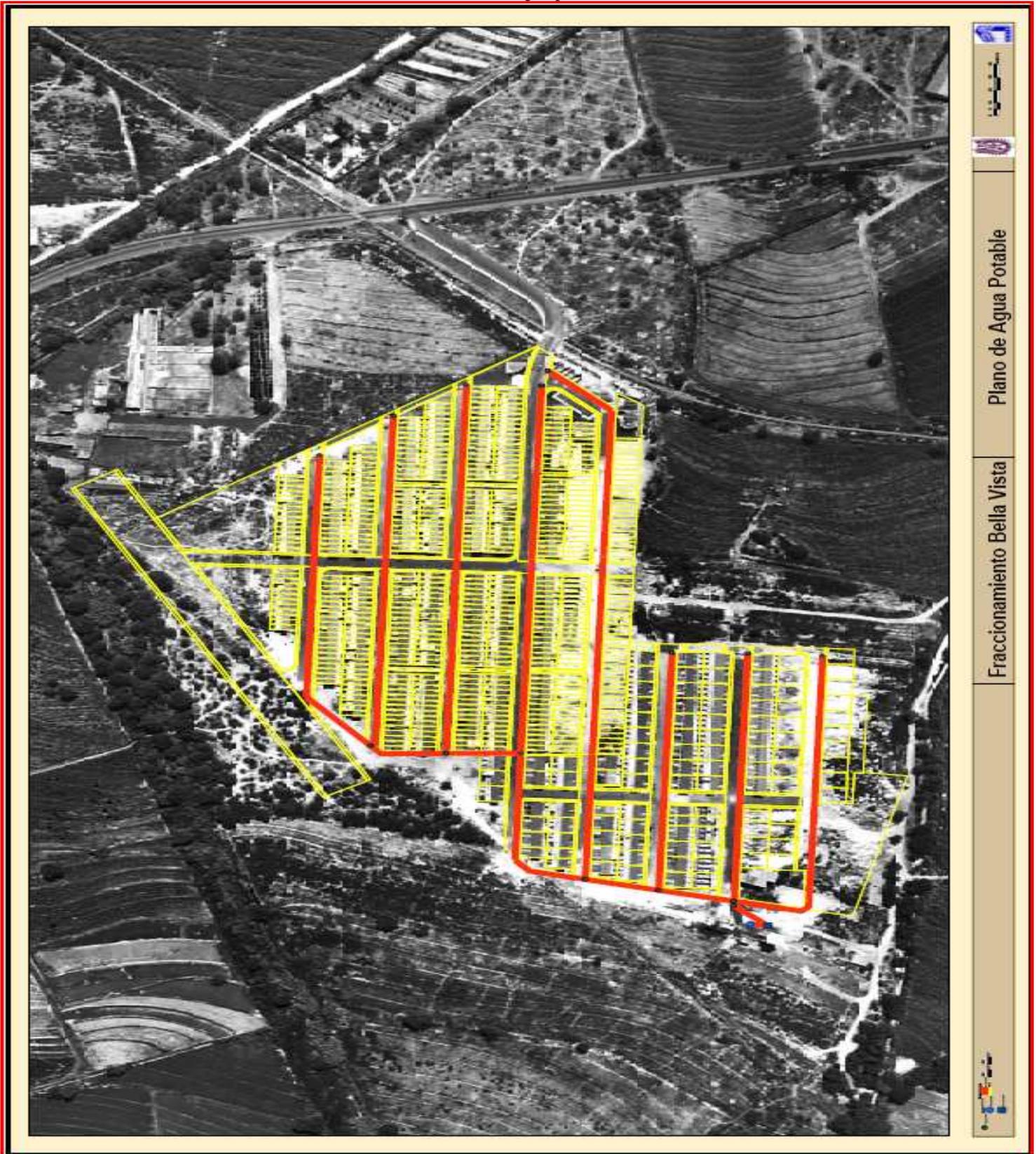


Figura 3.2. Fases para el desarrollo de un SIG.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL FRACCIONAMIENTO.

En los planos número 1, 2 y 3 se muestra el sistema de información geográfico para la red de agua potable, para la red de drenaje sanitario y para la red de drenaje pluvial del fraccionamiento.

Plano 1. Red de agua potable.



Plano 2. Red de drenaje sanitario.



Plano 3. Red de drenaje pluvial.



3.1. INFORMACIÓN BÁSICA.

En esta fase se recopiló toda la información básica existente, se realizan pre-sondeos, de la zona en estudio, con el propósito de encauzar una primera impresión e irse familiarizando con el desarrollo de los planes a efectuar en dicha área en estudio.

Para mayor información más precisa será la investigación emprendida, por tal motivo se investigaron todos los datos posibles como fueron planos topográficos existentes, estudios preliminares de la localidad, recopilación de información, así como los estudios de gabinete, en los cuales se analizó la información obtenida, se determinaron los datos básicos de proyecto, población actual, dotación de agua, y los gastos de diseño, planeación del sistema y las alternativas seleccionadas, estudios de campo en la zona de proyecto, como; de localización de predios, de planimetría del poblado, así como datos generales como lo son, la categoría política del lugar, localización geográfica, servicios públicos, aspectos de la localidad, datos del censo (actuales y de tres decenios anteriores). Clases de pavimentos y banquetas, nomenclaturas de las calles, recopilación de estudios hidrológicos, geo-hidrológicos, de geotecnia, hidrométricos, y estudio de laboratorio del agua, etcétera.

Con base a los datos anteriores se llenaron los formatos emitidos por la normativa establecida por la CONAGUA, con el objetivo de recoleccionar los datos de campo para las entidades hidráulicas en donde se debe levantar información (tuberías, cruceros, válvulas, etc.); con lo cual se tendrá una información más precisa y clara de los medios hidráulicos que intervienen en el sistema de distribución de agua y que nos permitan obtener una visión general y a la vez muy particular del accionar de cada parte que compone el sistema, para su mejor descripción. Entonces, se procede a ordenar toda la información ya establecida y generada; y se propondrán bases de datos que permitirán definir mejor los objetivos del sistema y nos ayudaran a delinear mejor los alcances que se tienen como meta final. En dicha preparación digital, se establecen los datos que se generan y su ingreso al sistema, así como sus posibles variaciones, es decir, su interrelación con la actualización de información.

3.1.1. LEVANTAMIENTOS DE CAMPO.

Como primer punto en un levantamiento que se hace de campo, se tiene que tener una planificación de los aspectos hidráulicos, técnicos, ejecutivos, económicos que uno considere de importancia o de relevancia para poder implementar el desarrollo de un SIG, esto podría resumirse en plantearse unos objetivos; los cuales habrá que cumplir conforme avance el proceso, e ir implementando estrategias de desarrollo, con el único objetivo de describir lo más preciso que se pueda el sistema.

El objetivo de los trabajos de campo es recopilar información veraz y presentarla en forma clara y precisa para incorporarla en planos o interpretarla directamente de los formatos del levantamiento en los que se muestran las condiciones que guarda cada uno de los pozos de visita o caja de válvulas, etc.

Siguiendo con nuestra metodología se realizaron las actividades de planificación, reconocimiento, mediciones, levantamiento de datos y revisión, que son necesarias para lograr la ubicación de los componentes de la red y la obtención de las características relevantes de estos, como pueden ser:

Datos generales de la red hidráulica, características generales de la red, características de las tuberías, el tanque de distribución, de las válvulas, hidrantes (si existieran al igual que tapones), etcétera. Además, habrá que tener en cuenta datos que uno considere que pueda aportar información básica hacia nuestro sistema.

En cuanto a la inspección de los pozos de visita formato (FC-1), fue esencial ya que nos permite conocer las características de los colectores y atarjeas que la integran. Los datos de los diámetros, profundidades e identificación de pozos que se conectan, junto con otras observaciones directas como sentidos de flujo y grado de azolve, permitirán en gabinete diagnosticar el funcionamiento de la red y elaborar planos complejos de ella.

En el caso de la inspección de caja de válvulas en una red de agua potable, formato (FC-2), es vital porque prácticamente son los únicos elementos; a los cuales se puede tener acceso para conocer los diámetros de los materiales de las tuberías que constituyen los sistemas de distribución, además de determinar las características de los accesorios y válvulas que son los elementos de control en la operación de un sistema. El conocimiento de los diámetros y materiales de los tubos permite diagnosticar mejor el comportamiento de la red y programar ampliaciones o reparaciones, además de una mejor gestión de operación.

3.1.2. PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.

En esta actividad se desarrolla el proceso de conversión de datos y la programación de los procesos e interrelaciones que sean necesarios para el buen desarrollo del sistema y con esto asegurar una buena comunicación sistema-usuario, así como también su almacenaje esto es, con el objetivo que el ambiente gráfico del programa, sea lo más amigable posible, para poder tener futuros desarrollos de información en la base de datos, como también cambios en su mecanismo de presentación y salida de datos.

3.1.3. DESARROLLO

Una vez que se tienen todos los datos necesarios para poder desarrollar completamente el proyecto, prosigue la captura de toda la información y el procesamiento de todos los datos levantados.

La elaboración de la base de datos se desarrolló en varias etapas previendo siempre el ingreso de nueva información al sistema, hasta una elaboración final de los formatos de salidas del mismo.

3.1.4. PRUEBAS.

A continuación se presentan algunas pruebas hidráulicas para poder validar el sistema de la red, con esto se pretende que dicho proyecto no presente errores, y de haberlos, poderlos corregir con toda exactitud y precisión; de igual forma se pretende poner a prueba algunos casos que se consideran necesario verificar, con el objetivo de tener bien claro el sistema de distribución de agua, tanto en sus límites como en sus alcances. Además, con lo anterior podemos hacer ajustes de edición, revisión, corrección y por supuesto una edición definitiva del proyecto.

3.2. ESTABLECIMIENTOS DE ESCENARIOS.

El sistema de distribución de agua potable para las unidades habitacionales de Bellavista y Nueva España, por sus características hidráulicas únicas, presenta un esquema de red, de tal forma que podemos modelar escenarios de distribución diferentes, los cuales nos ayudaran a simular situaciones de emergencias, etcétera; en caso de presentarse, como por ejemplo, revisiones, composturas y mantenimiento o simplemente eficiencia del funcionamiento de la red.

En este proceso a realizar, habrá que modelar las situaciones o sistemas hidráulicos en Epanet, de tal forma que los resultados sean los esperados, considerando todas las bases y casos posibles a presentarse en un momento dado. Los casos que se presentan son los siguientes.

Bomba sin operar y válvula cerrada, Bomba sin operar y válvula abierta, Bomba en operación y válvula cerrada y por último Bomba en operación y válvula abierta.

3.2.1. PRIMER CASO: BOMBA SIN OPERAR Y VÁLVULA CERRADA.

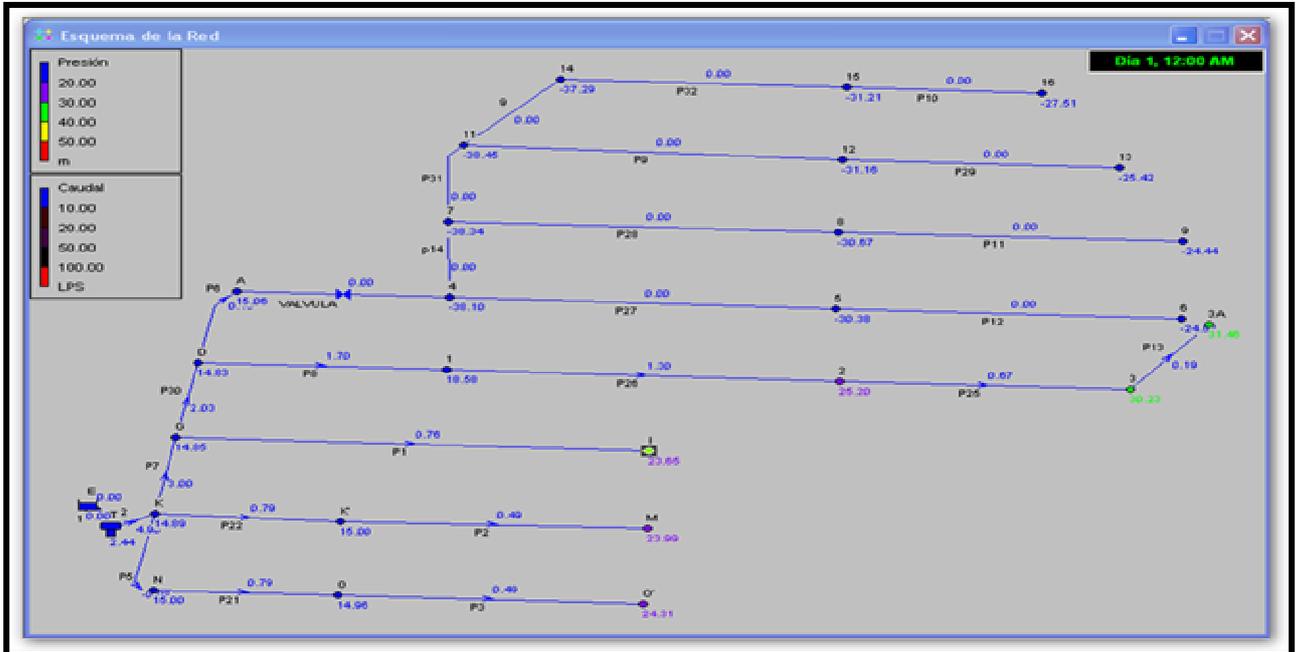
Para nuestra red hidráulica establecida, omitimos o cerramos el paso de agua al punto o nodo 4, esto se hace poniendo una válvula antes de dicho nodo. Lo anterior se considera con la bomba sin operar y el tanque funcionando normalmente, con lo cual dejaríamos sin agua a la zona norte de nuestra zona en estudio. Para efectos Hidráulicos de modelación, en Epanet, las características de cada nodo que procede al numero 4, se ponen en ceros en sus respectivas casillas de verificación, es decir se omiten tanto la curva modulación como la demanda base, que son características que el software requiere para poder funcionar, y con lo anterior, se obtienen los resultados lógicamente esperados.

Una forma de comprobación de la corrida con válvula cerrada, es eliminar toda la zona donde no hay fluencia de agua por razones ya conocidas, y así verificamos lo acontecido, por lo tanto, lo anterior es muy congruente, como si se tuviera la válvula cerrada. En las figuras 3.3 a),b),c) y d), 1 y 2, podemos apreciar que en los demás nodos o cruceros, no hay cambios ni nada por el estilo por lo tanto dicho proceso se acepta como bueno.

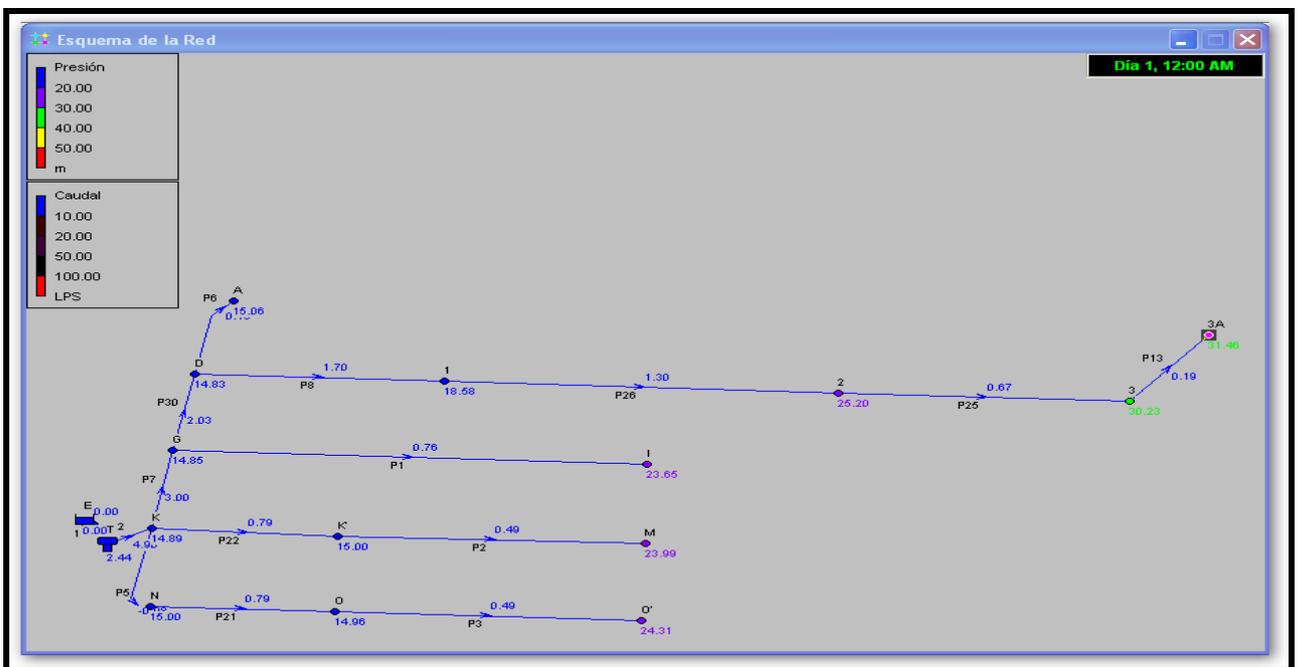
A continuación se puede apreciar en los esquemas de salida de Epanet 2.0 (Dos soluciones de modelado), como el agua no fluye en la zona que previamente establecimos,

zona noroeste. La red hidráulica se comportará para tiempos de cero, una, dos y tres horas de régimen del agua, respectivamente como se muestra en las figuras 3.3 (a, b, c y d); respectivamente.

Figura 3.3-a) 1 y 2 –Esquema de la red para un tiempo cero de permanencia del agua.



1) Sistema modelado con válvula



2) Sistema modelado sin válvula

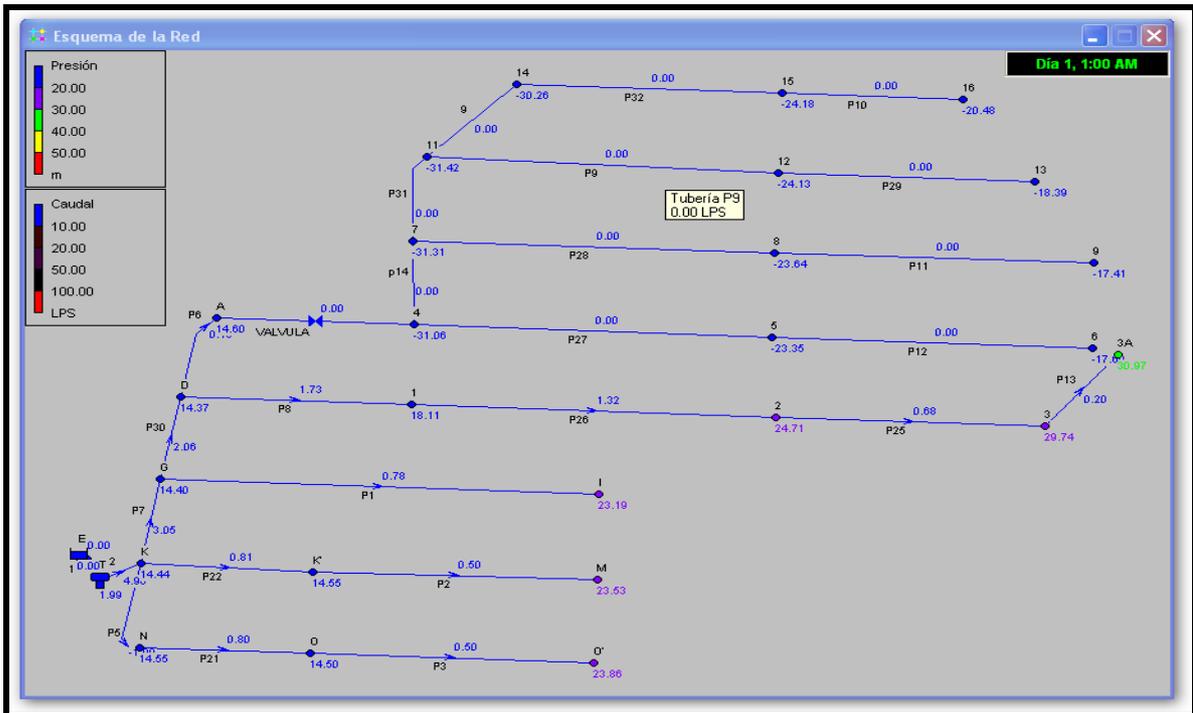
Para este primer lapso de tiempo cero simulado, podemos apreciar que toda la zona afectada por la situación establecida, es decir, válvula cerrada, significa que no hay circulación de agua en la zona norte; por lo tanto, Epanet interpreta esta situación, como demandas de presión resultantes negativas, lo que quiere decir, que no tenemos flujo de agua en estos tramos de la red, nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16,

Para los nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tienen para los nodos 3A y 3, presiones máximas con 31.46 y 30.23 m. respectivamente, mientras que las presiones más bajas, para este instante, los tenemos en los nodos G y D con 14.85 y 14.83 m. respectivamente.

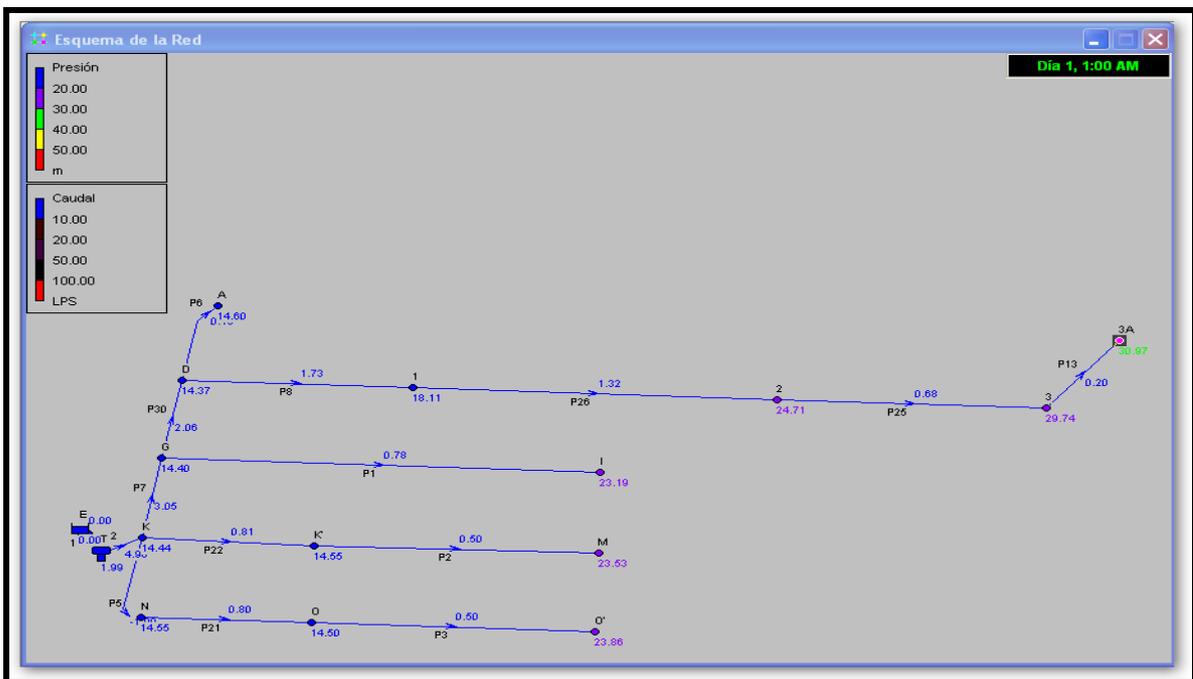
Se puede apreciar también que los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua, es decir su valor es de cero, por no haber circulación de la misma.

El tanque de almacenamiento se comporta eficientemente y distribuye agua de manera normal, con sus características dadas y previamente establecidas.

Figura 3.3 b) 1 y 2 –Esquema de la red para un tiempo de una hora de permanencia del agua.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula.

En este segundo instante, para ser preciso en un lapso de tiempo de una hora transcurrida, de igual forma que para el instante cero, se puede apreciar que toda la zona en la cual afecta la válvula cerrada, no se presenta circulación de agua, por tal motivo el valor en estos tramos es de cero, por consecuencia los nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16 respectivamente presentaran presiones negativas, lo cual indicara que no hay presencia de agua en esta zona.

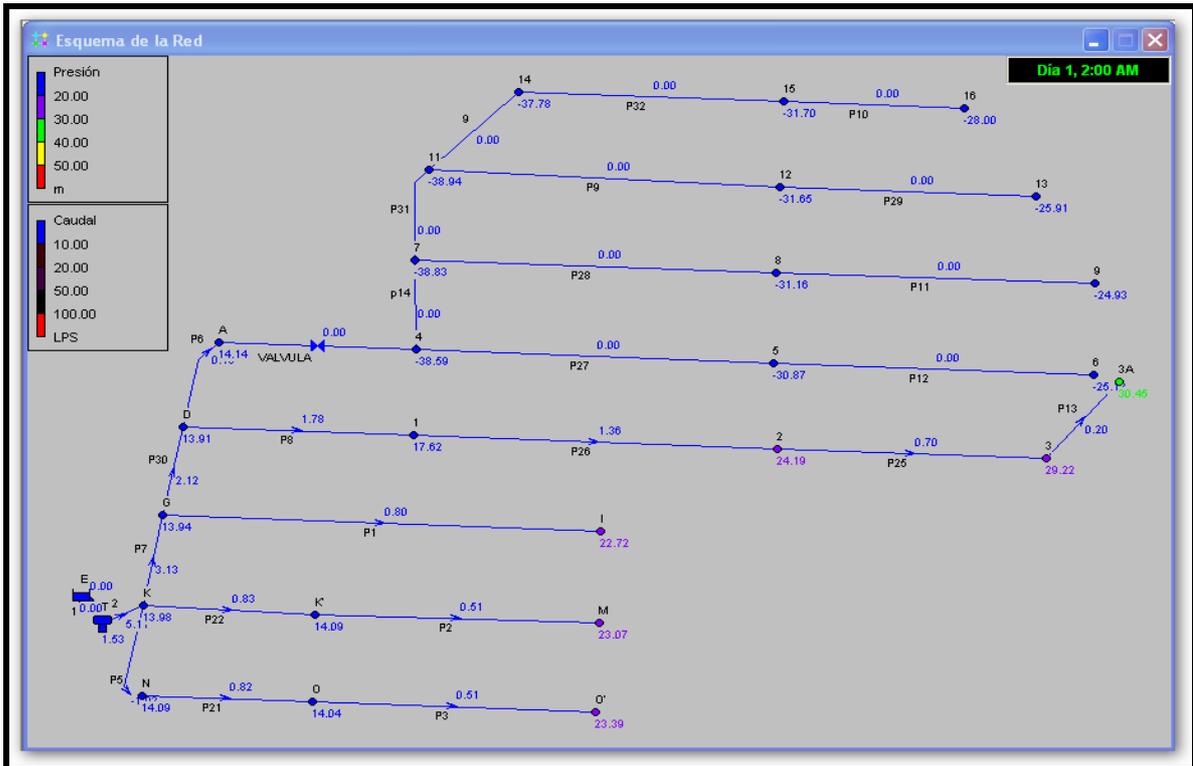
Ahora bien, para los restantes nodos o cruceros, las presiones máximas se siguen presentando en los nodos 3A y 3, siendo estas de 30.97 y 29.74 m respectivamente. Mientras que la mínima presión resultante para este instante es de 14.37 m, la cual se presenta en el nodo D.

Al igual forma que el instante anterior, los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua por motivo ya establecidos.

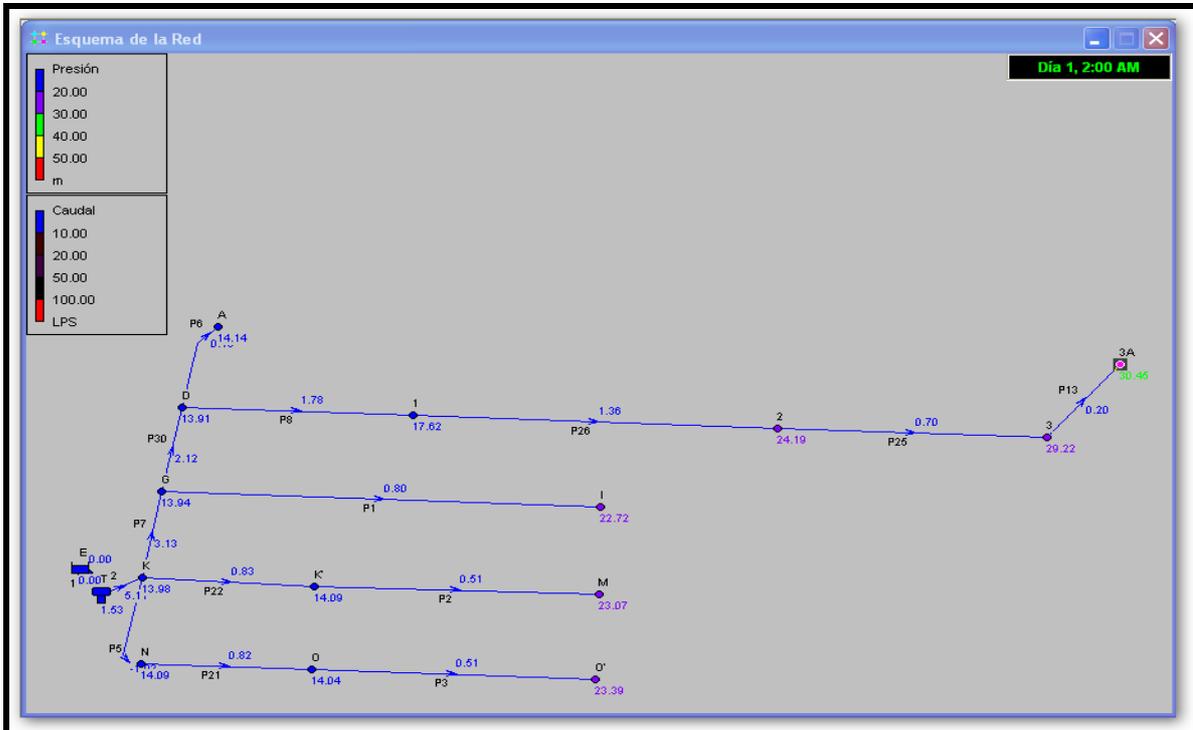
Para este instante de tiempo, el agua suministrada por el tanque todavía alcanza a distribuir las demandas presentadas por la red, de manera normal y eficiente.

Tanto el esquema de arriba como el de abajo, de la figura 3.3 b), dan resultados iguales por lo tanto ambas corridas se consideran buenas y por lo tanto la modelación para ambos escenarios es considerado correcto.

Figura 3.3 c) 1 y 2 –Esquema de la red para un tiempo de dos horas de permanencia del agua.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula

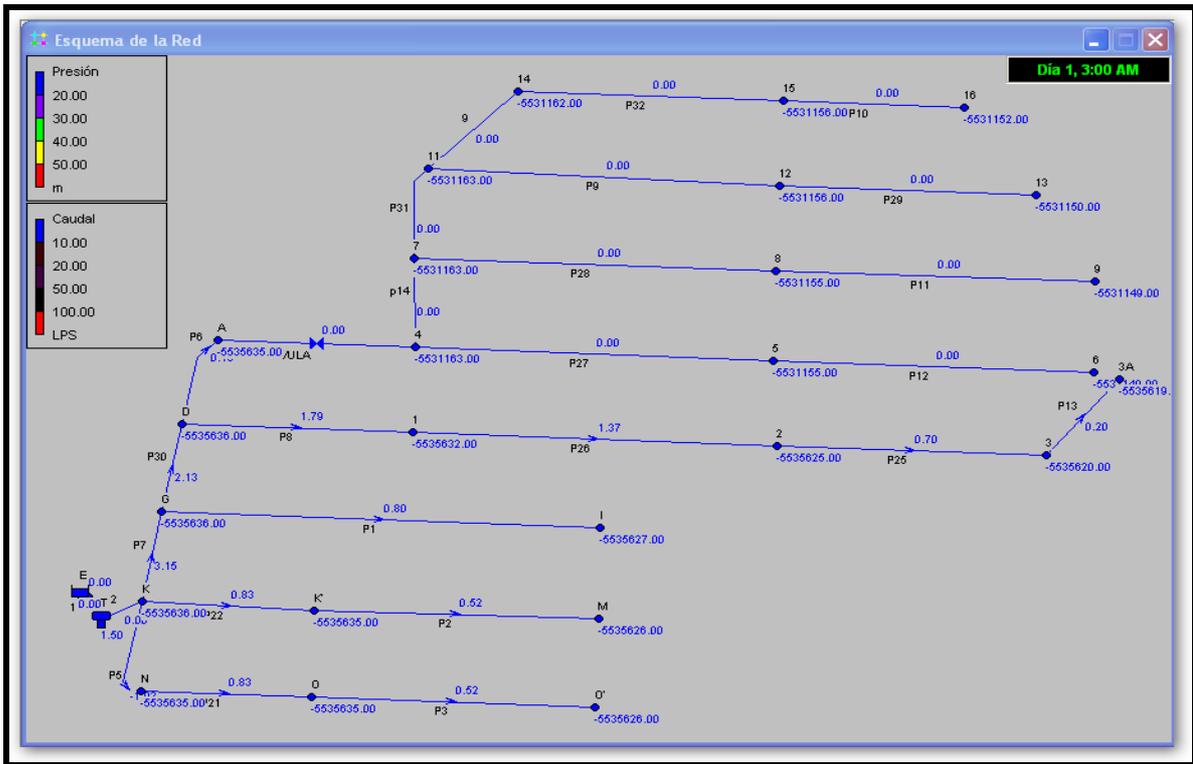
Hasta este instante de tiempo de modelación, prácticamente no ha habido mucha variación con respecto del primer instante presentado de la red hidráulica, para este primer caso. En la red se siguen presentando condiciones de presión negativa en los nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16 respectivamente, para el esquema con la válvula cerrada, mientras que para el otro, simplemente resultan presiones y gastos normales, En los casos de máxima y mínima presión, sigue la misma tendencia, de 30.45 para el nodo 3A, y 13.91 m. para el nodo D respectivamente.

Habría que recordar que la bomba se encuentra fuera de funcionamiento, es decir, que no suministra agua al tanque, de ahí, que esta trabaje solo con el agua que en el se encuentra almacenada, es decir, en algún instante de tiempo, dicho líquido se acabará, como consecuencia de la falta de suministro al mismo, y obviamente la red se quedara sin agua.

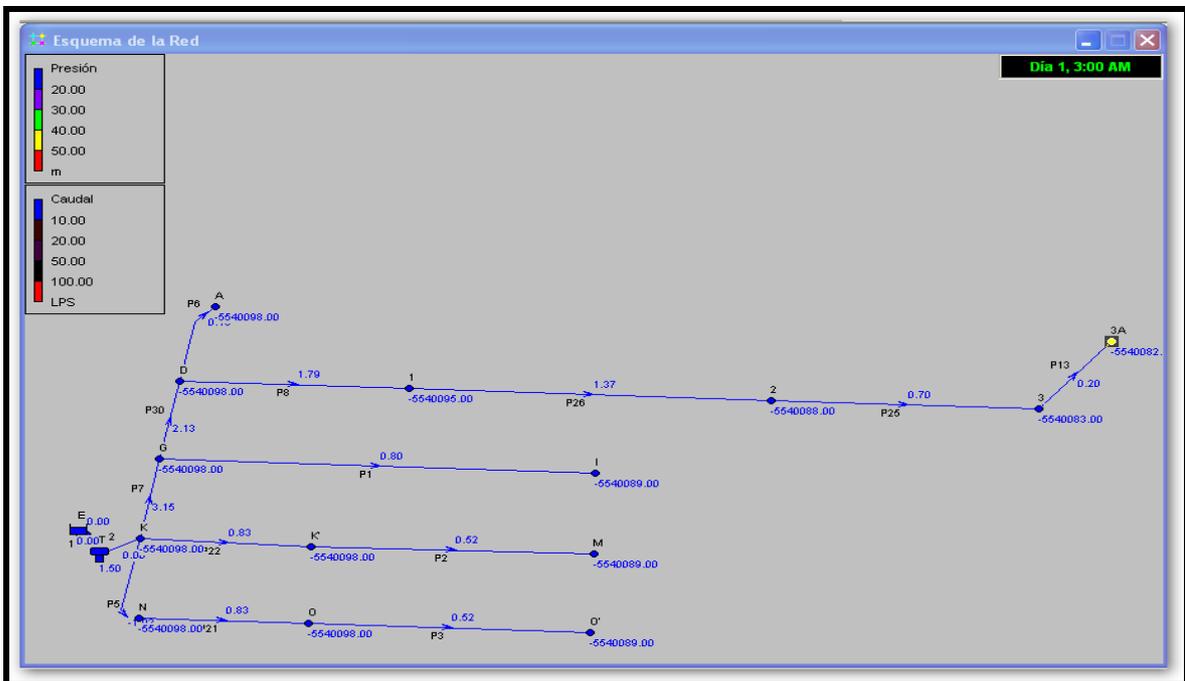
Todavía en este instante de tiempo, el tanque de regulación tiende a distribuir el agua de forma normal y eficiente, ya que cada nodo de la red, tiene una presión que en términos de lineamientos, definidos estos, por la CONAGUA entran en el rango de aceptación.

Aquí también para este lapso de tiempo, ambos esquemas mostrados se consideran correctos (ver figura 3.3 c) 1 y 2), solo que el escenario que se muestra abajo, lo utilizamos simplemente para verificación de la corrida.

Figura 3.3 d) 1 y 2 –Esquema de la red para un tiempo de tres horas de permanencia del agua.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula

En el transcurso del tiempo de permanencia del agua en el modelado de la red, se presentaban resultados obvios y lógicos esperados, para todos y cada uno de los nodos que integran la red y para cada instante de tiempo analizado. Ahora bien, llegando una tercera hora de permanencia del agua y teniendo consideraciones como la bomba sin operar, (sin suministro al tanque), es decir, dicho tanque solo distribuye agua, que se encuentra almacenada, por lógica, dicha agua en un momento determinado se agotará, y es por esta razón muy obvia, que Epanet para este instante dado, solo presenta condiciones de presión negativas en todos los nodos respectivamente, lo que equivale a cero circulación de agua por la red (ver figura 3.3 d) 1).

El abastecimiento de agua a la red con solo el tanque de agua funcionando, alcanzará para un máximo de tiempo de distribución de agua de 3 horas. También es preciso aclarar que se presentaron dos esquemas para este caso, tanto el de arriba como el de abajo son correctos, así que uno verifica al otro y viceversa, y como ambos resultan lo mismo, pues se consideran correctos los dos.

3.2.1.1. CONCLUSION PRIMER CASO.

En todo este modelado o primer caso, podemos establecer que el nodo donde siempre tendremos una máxima presión es el 3A, por lo que en alguna contingencia de emergencia, como podría ser un incendio, podremos tener como base dicho cruce para establecer un hidrante o alguna otra ramificación, mientras que el nodo que siempre presentó la mínima presión fue el D.

En lo que se refiere al tanque de regulación, este suministró en condiciones de demanda de agua normales para cada nodo de la red, solo tres horas de tiempo dado, puesto como se sabe, la bomba estaba sin operar, de ahí su rendimiento en el tiempo y su suministro a la población.

Cada nodo de la red, para cada instante presentado, se comporta de manera eficiente y conforme a las necesidades de demandas y a la curva de modulación establecidas por la CONAGUA para 24 horas de régimen del mismo, y también según los requerimientos del proyecto para cada situación establecida y para cada nodo.

En todo el lapso de tiempo del modelado de la red y con las condiciones previamente establecidas como bases, tanto la presión máxima, como la presión mínima estuvieron dentro del rango de aceptación de las normas que exige la CONAGUA, por lo tanto se considera el modelado como correcto y eficiente.

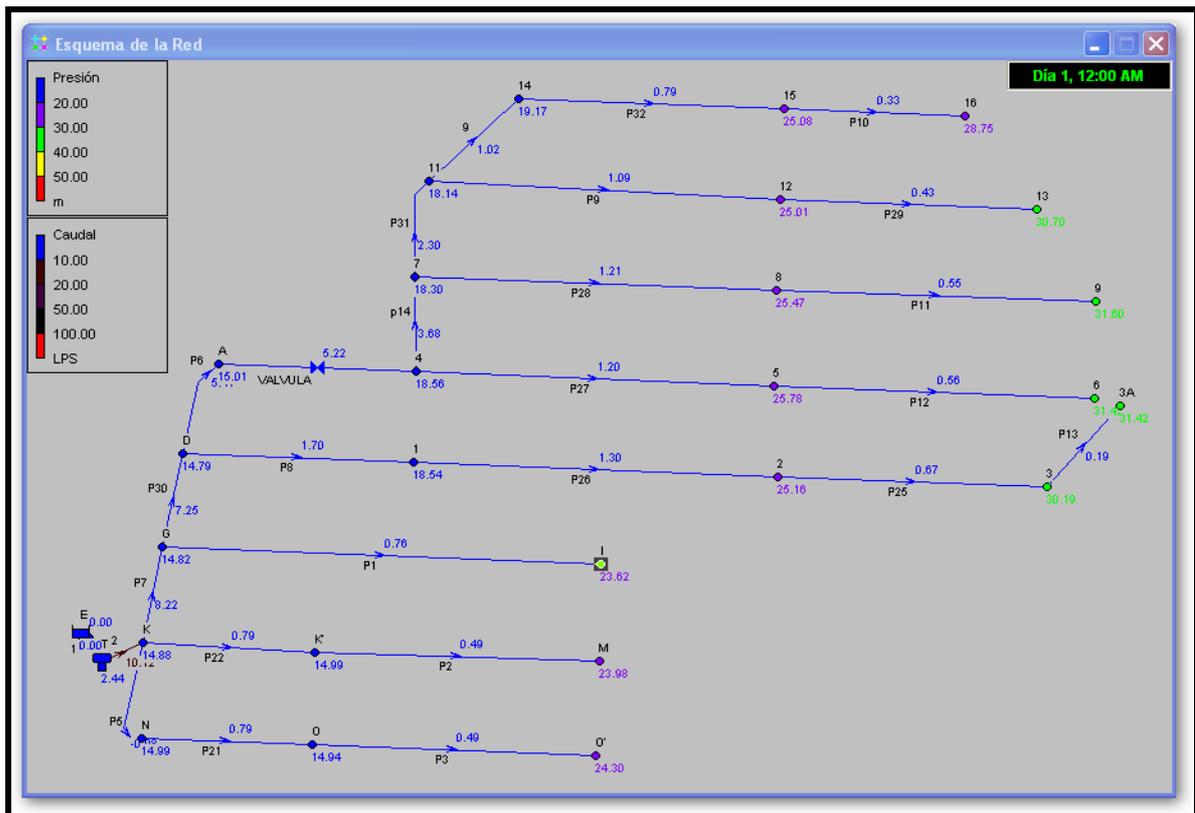
3.2.2. SEGUNDO CASO: BOMBA SIN FUNCIONAR Y VÁLVULA ABIERTA.

En nuestra red hidráulica, con la situación de la bomba parada y solo el tanque de almacenamiento funcionando a toda su capacidad, así como nuestra válvula abierta, tenemos situaciones que en los esquemas se mostrarán.

Nuevamente para efectos hidráulicos en Epanet, se le asigna al punto considerado como bomba, la situación de sin funcionar, y así, con esto, se puede apreciar como el agua fluye en la zona que previamente habíamos cerrado, por lo que ya se puede modelar la situación para los lapsos de tiempo considerados, uno, dos, etc., hrs. de régimen del agua.

Ahora, para efectos de modelar en Epanet la válvula abierta en la zona considerada, los nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16, se les reinstala las características de demandas base para cada nodo, así como confirmárseles, la curva de modulación dada a todos los nodos del proyecto en sus respectivas casillas de verificación. Con esto ya se puede hacer el cálculo, para la situación presentada y los resultados son los que a continuación se presentan, teniendo en cuenta lapsos de tiempo de cero, uno, y dos horas aproximadamente de régimen de agua de permanencia en la red. (Figuras 3.4 a, b, c).

Figura 3.4 a) Esquema de la red para un de tiempo de cero horas.



Para este primer instante cero, se puede apreciar que toda la red hidráulica funciona eficientemente, la válvula se encuentra en estado abierto, es decir se comporta como si fuera un tramo de tubería normal, trabajando con circulación de flujo de agua.

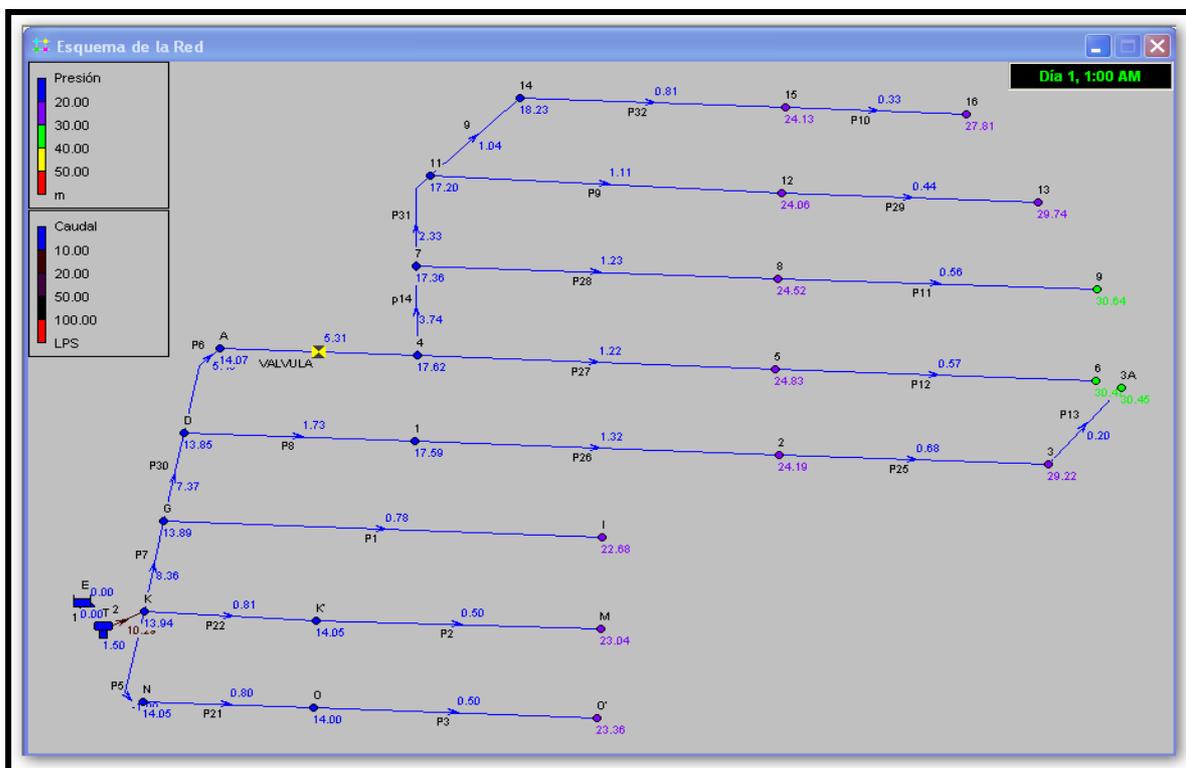
En este instante de tiempo, la presión máxima se presenta en el nodo 9 con un valor de 31.60 m., mientras que la presión mínima se manifiesta en el nodo D con un valor de 14.79 m.

En los demás nodos de la red, las presiones resultan de manera normal, es decir, dentro del rango permitido por las normas que establece la CONAGUA, para un máximo de 50 m.c.a. , y un mínimo de 10 m.c.a. en zonas semiurbanas.

Los nodos de la zona noreste (nodos 13, 9, 6, 3A, y 3) presentan presiones máximas, es decir, en promedio se tienen 30 m de carga disponibles para la zona mencionada, mientras que la zona suroeste (nodos K, G y D), se presentan las presiones más bajas, en promedio de 14.8 m de carga disponibles. En general, la red se comporta con estos resultados, para este tiempo de simulación, así también, en la zona centro de la red del proyecto, se presentan las presiones medias entre 18 y 25 metros de carga.

El tanque se encuentra funcionando adecuadamente hasta este periodo de tiempo de suministro del agua.

Figura 3.4 b) Esquema de la red para un tiempo de una hora.



En lo que respecta a este instante de una hora, de igual forma que en el anterior lapso de tiempo, la red hidráulica funciona eficientemente, la válvula se encuentra en estado abierto, es decir se comporta como si fuera un tramo de tubería normal, trabajando con circulación de agua.

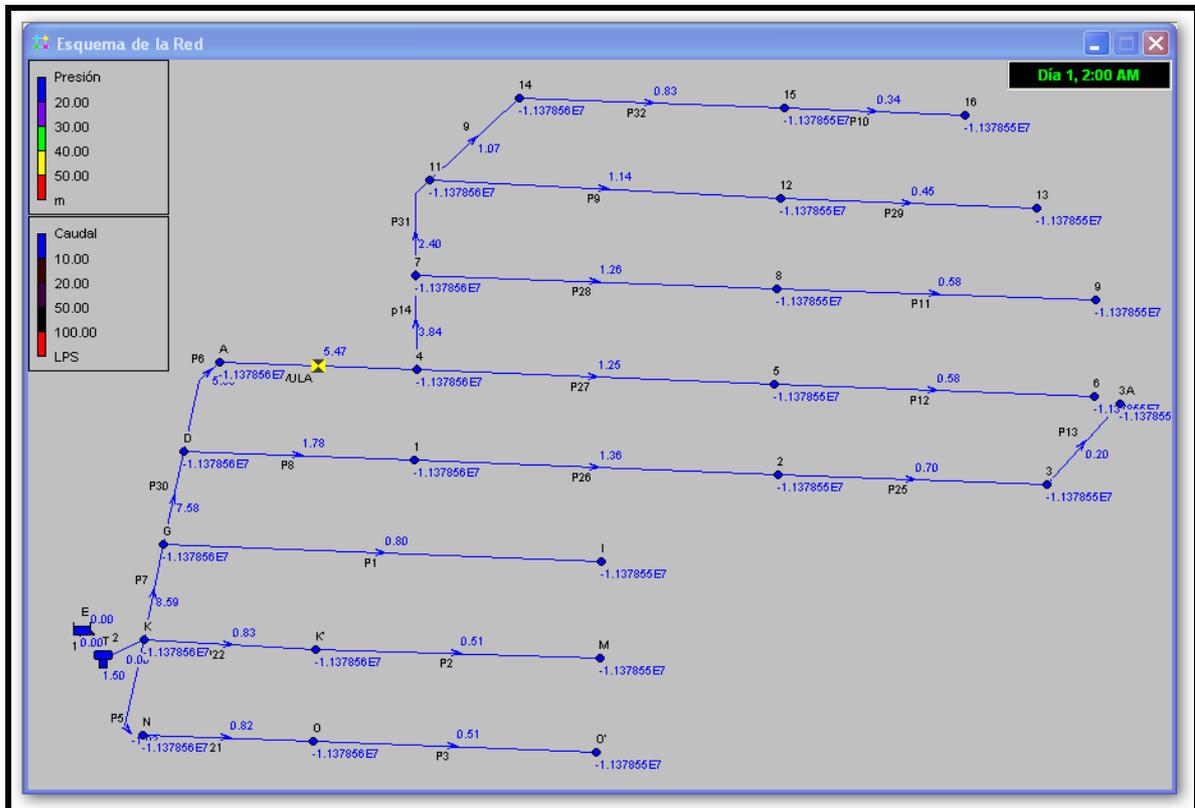
Para este momento, las presiones se presentan como sigue. La presión máxima se presenta en el nodo 9 con un valor de 30.64 m., mientras que la presión mínima se manifiesta en el nodo D con un valor de 13.85 m.

También en los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, es decir dentro del rango permitido por las normas que establece la CONAGUA, para un máximo de 50 m.c.a. , y un mínimo de 10 m.c.a. en zonas semi-urbanas.

Los nodos de la zona noreste (nodos 9, 6 y 3A) presentan presiones máximas, es decir, en promedio se tienen 30 m de carga disponibles para la zona mencionada, mientras que la zona suroeste (nodos K, G y D), se presentan las presiones más bajas, en promedio 13.8 m de carga disponibles. En general, la red se comporta de esta manera para este

tiempo modelado, así también, en la zona centro de la red del proyecto, se presentan las presiones medias entre 17 y 24 metros de carga. El tanque se encuentra funcionando adecuadamente hasta este periodo de tiempo de suministro del agua.

Figura 3. 4. c). Esquema de la red para un tiempo de dos horas.



Continuando en el análisis de la red, para este instante (ver figura 3.4 c) tenemos que, Epanet presenta solo presiones negativas en todos los cruces, esto significa que, el agua contenida en el tanque de almacenamiento se agotó, y por consecuencia ya no puede suministrar más líquido a la red.

En el transcurso del tiempo de permanencia del agua en el modelado de la red, se presentaban resultados lógicamente esperados, para todos y cada uno de los nodos que integran la red y para cada instante de tiempo analizado. Ahora bien, llegando una segunda hora de permanencia del agua y teniendo consideraciones como la bomba sin funcionar, (sin suministro al tanque), por lógica y consecuencia, dicha agua se acaba, y es por esta razón muy obvia, que Epanet para este instante dado, solo presenta condiciones de presión negativas en todos los nodos respectivamente, lo que representa cero circulación de agua por la red, en todos los nodos.

Es decir el tanque de distribución de agua funcionando a toda su capacidad solo distribuye el agua adecuadamente para dos horas aproximadamente.

3.2.2.1. CONCLUSION SEGUNDO CASO.

Nuevamente haciendo un pequeño resumen, para este caso podemos mencionar que en la modelación efectuada para el segundo caso, que el nodo donde siempre tendremos una máxima presión es el 9, por lo que en alguna contingencia de emergencia, como podría ser un incendio, podremos también, tener como base dicho cruce para establecer un hidrante o alguna otra ramificación, mientras que el nodo que siempre presentó la mínima presión fue el D.

En lo que se refiere al tanque de distribución, éste suministró en condiciones de demanda de agua normales para cada nodo de la red, solo dos horas de tiempo dado, pues como se sabe, la bomba estaba sin operar, de ahí su rendimiento en el tiempo y su suministro a la población.

Cada nodo de la red, para cada instante presentado, se comporta de manera eficiente y conforme a las necesidades de demandas y a la curva de modulación establecidas por la CONAGUA para 24 horas de régimen del mismo, y también según los requerimientos del proyecto para cada situación establecida y para cada nodo.

En todo el lapso de tiempo del modelado de la red y con las condiciones previamente establecidas como bases, tanto la presión máxima, como la presión mínima estuvieron dentro del rango de aceptación de las normas que exige la CONAGUA, por lo tanto se considera la modelación como correcta y eficiente.

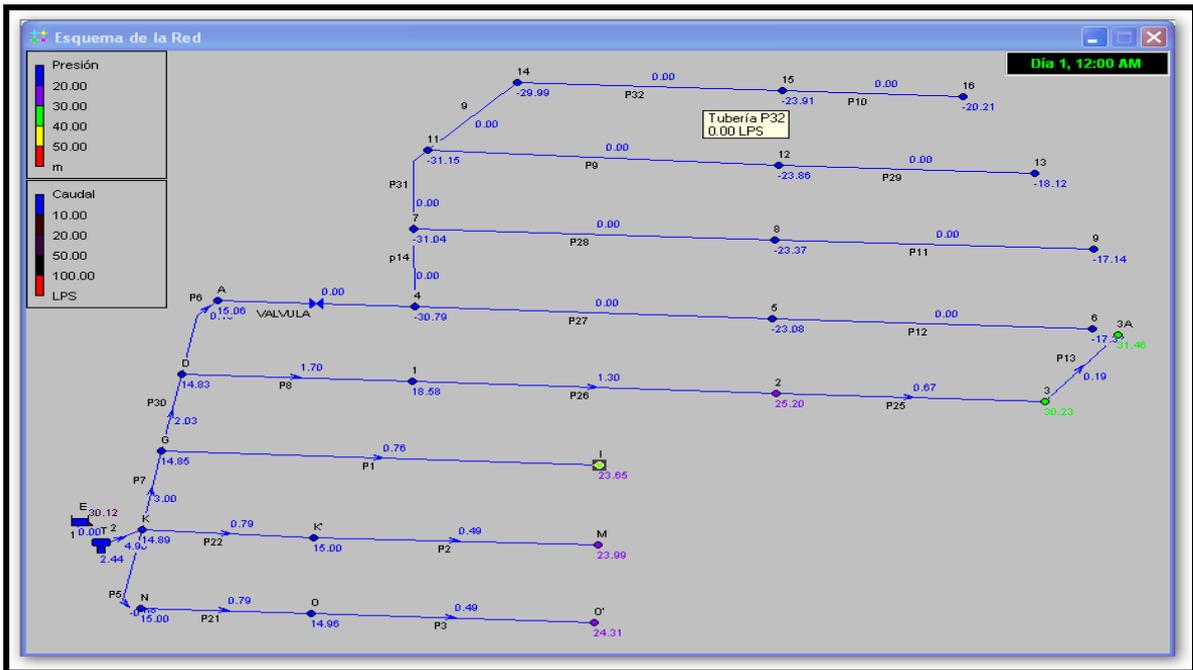
Un mayor lapso de tiempo de régimen en el recorrido del agua, en la red, es decir mayor a dos horas de régimen, presentarían presiones negativas cada vez más altas, lo que indica que no hay circulación de flujo de agua.

3.2.3. TERCER CASO: BOMBA EN FUNCIONAMIENTO Y VÁLVULA CERRADA.

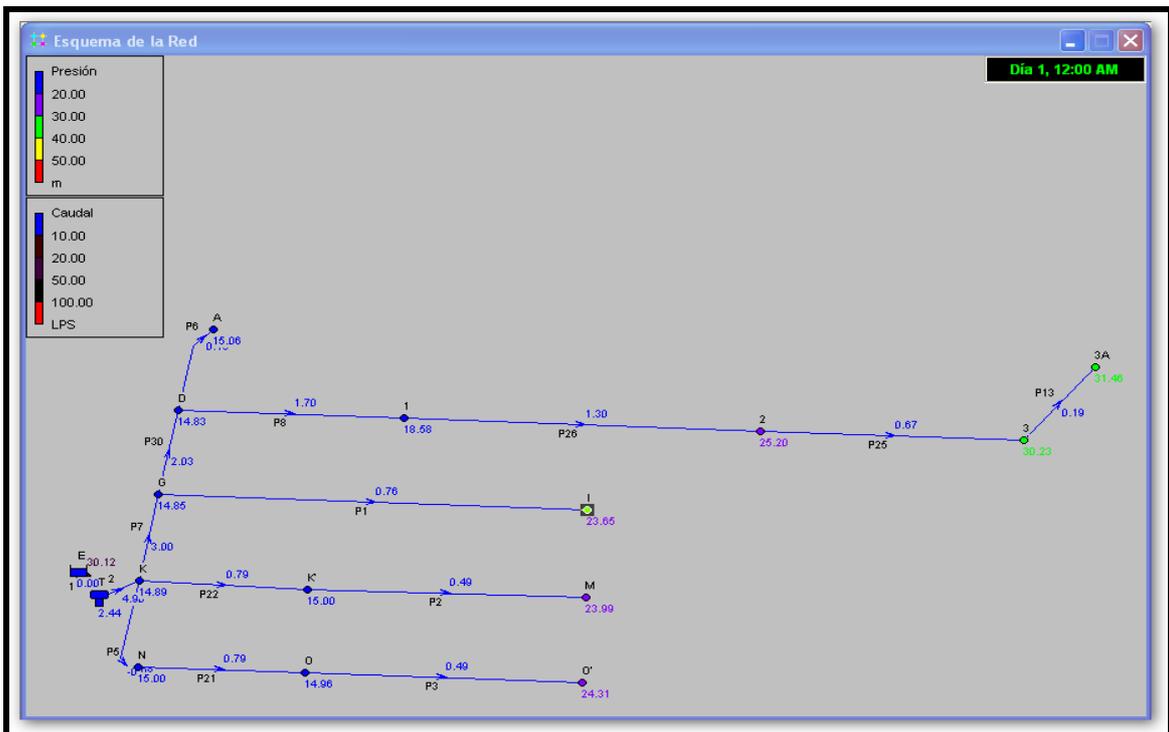
Para nuestra red hidráulica establecida, omitimos o cerramos el paso de agua al punto o nodo 4, esto se hace poniendo una válvula antes de dicho nodo. Lo anterior se considera bajo las condiciones de bomba en operación y el tanque funcionando normalmente, entonces, como consecuencia dejaríamos sin agua a la zona norte de nuestro proyecto. Para efectos Hidráulicos de modelación en Epanet, se eliminan a cada punto o nodo (4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), que prosigue del nodo número 4, en sus casillas de verificación respectivamente, tanto la curva modulación como la demanda base, que son características que el software requiere para poder funcionar, con lo anterior, se obtienen los resultados lógicamente esperados. Una forma de verificación de lo anterior, es simplemente quitar el esquema de la zona en que no fluye agua (válvula cerrada), y correr la red sin estos miembros o tramos y así verificamos el funcionamiento hidráulico de todos los nodos y miembros restantes de la red (ver figura 3.5 a) 2, parte inferior).

A continuación se puede apreciar como el agua no fluye en la zona que previamente establecimos, la norte. La red hidráulica se comportará para los tiempos de: cero, 1, 2, 3, 6, 12, 18 y 24 horas, de flujo de agua, respectivamente y también se efectuaron dos tipos de modelación, entonces los resultados se muestran en las figuras 3.5 (a, b, c y d).

Figura 3.5 a) 1 y 2. Esquema de la red para un tiempo de cero horas.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula.

Para este primer instante cero, podemos apreciar que toda la zona afectada (nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), no tiene circulación de agua, puesto que la válvula cerrada nos impide el paso de agua a toda la zona noreste; más sin embargo Epanet interpreta esta situación como demandas de presión en forma negativa, que se traduce en lo anteriormente dicho.

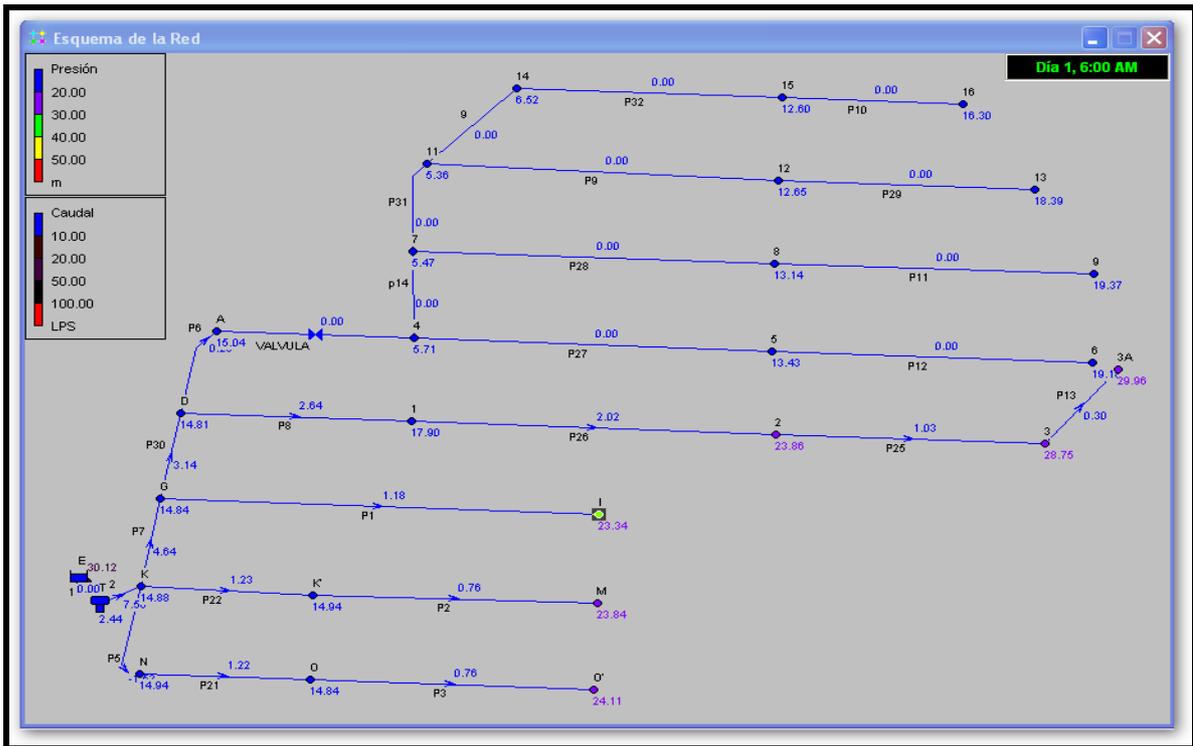
En el esquema inferior (ver figura 3.5 a) 2), se comprueba la corrida con válvula cerrada y bomba en operación y los resultados son los mismos para cada nodo y tramo.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tienen para los nodos 3A y 3, presiones máximas con 31.46 y 30.23 m. respectivamente, mientras que las presiones más bajas para este tiempo, los tenemos en los nodos G y D con 14.85 y 14.83 m respectivamente.

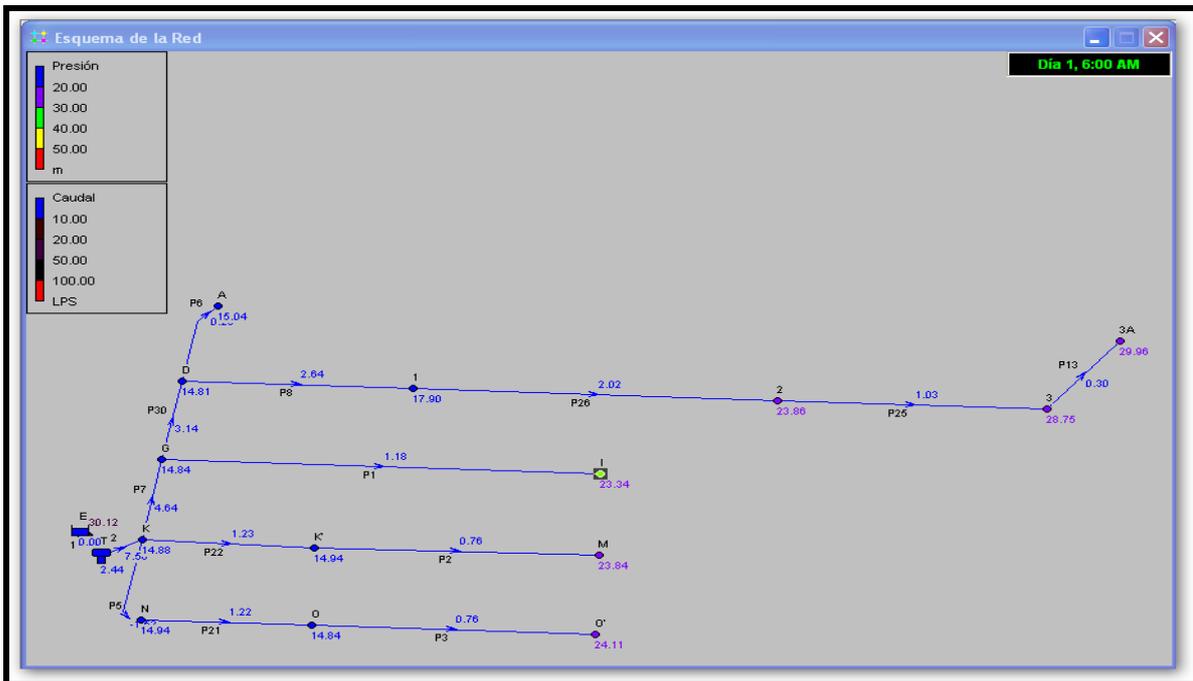
Se puede apreciar también que los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua, es decir su valor es de cero, por no haber circulación de la misma.

En general el esquema de la red establece que para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para lo zona suroeste, se presentan las mínimas presiones.

Figura 3.5 b) 1 y 2. Esquema de la red para un instante de tiempo de seis horas.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula.

En este lapso de tiempo, podemos apreciar, que al igual que en el tiempo anterior, toda la zona afectada (nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), no tiene circulación de agua, puesto que la válvula cerrada impide el paso de agua a toda la zona noreste; más sin embargo Epanet interpreta esta situación como demandas de presión en forma negativa.

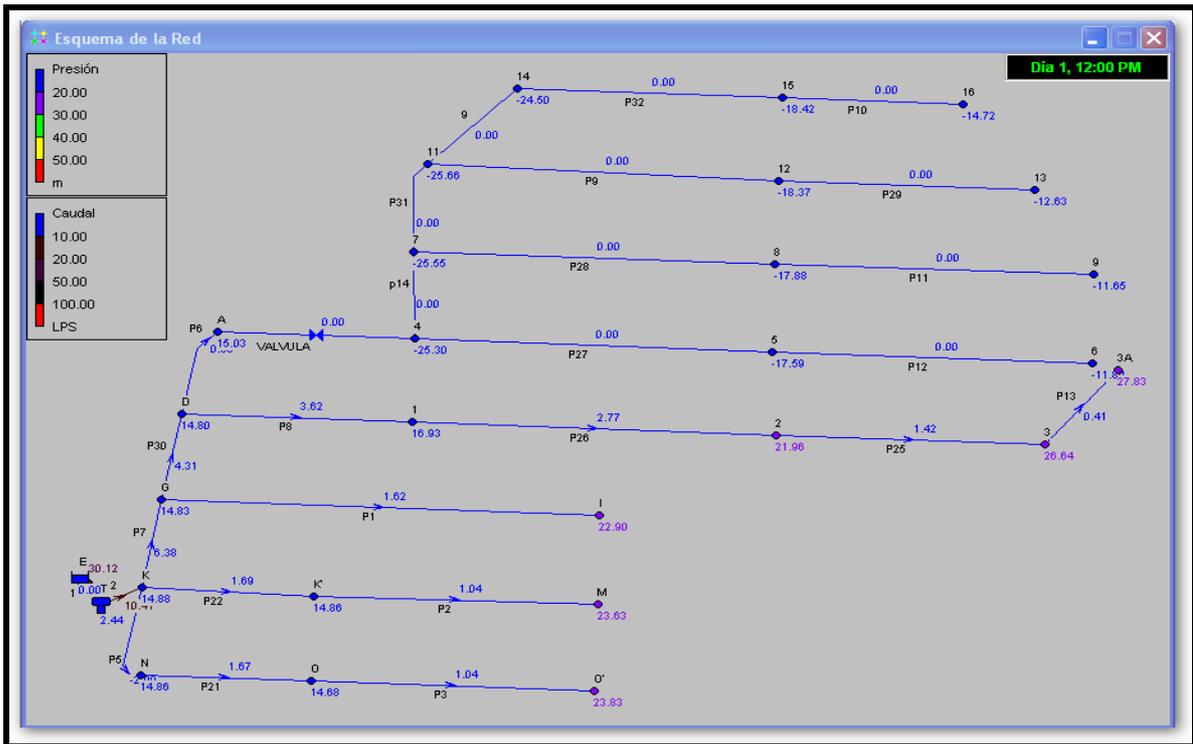
Nuevamente, como en el tiempo anterior, la parte inferior del esquema (ver figura 3.5 b)- 2) sirve para corroborar lo hecho en el esquema superior(ver figura 3.5 b)-1) , por lo tanto, se consideran correctos ambas modelaciones.

Igualmente en los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tienen para los nodos 3A y 3, presiones máximas con 29.96 y 28.75 m respectivamente, mientras que las presiones más bajas para este tiempo, los tenemos en los nodos G y D con 14.84 y 14.81 m respectivamente.

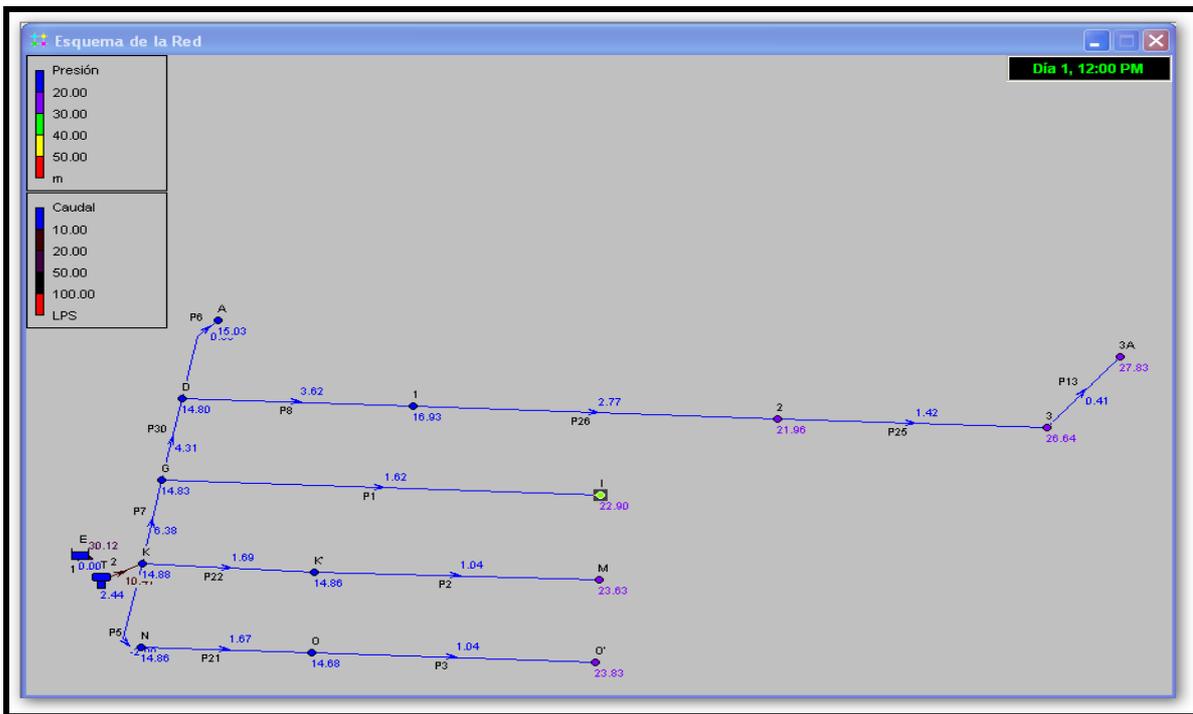
También se puede apreciar también que los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua, es decir su valor es de cero, por no haber circulación de la misma.

En general, también para este tiempo, el esquema de la red establece que para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para lo zona suroeste, se presentan las mínimas, es decir el comportamiento que sigue la red es de acuerdo a la variación de la curva de modulación.

Figura 3.5 c) 1 y 2. Esquema de la red para un instante de tiempo de doce horas.



1) Sistema modelado con válvula.



2) Sistema modelado sin válvula.

Para este lapso de tiempo, que al igual que al instante anterior, toda la área afectada (nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), no tiene circulación de agua, puesto que la válvula cerrada nos impide el paso de agua a toda la zona noreste; más sin embargo Epanet interpreta esta situación como demandas de presión en forma negativa, que se traduce en lo anteriormente dicho.

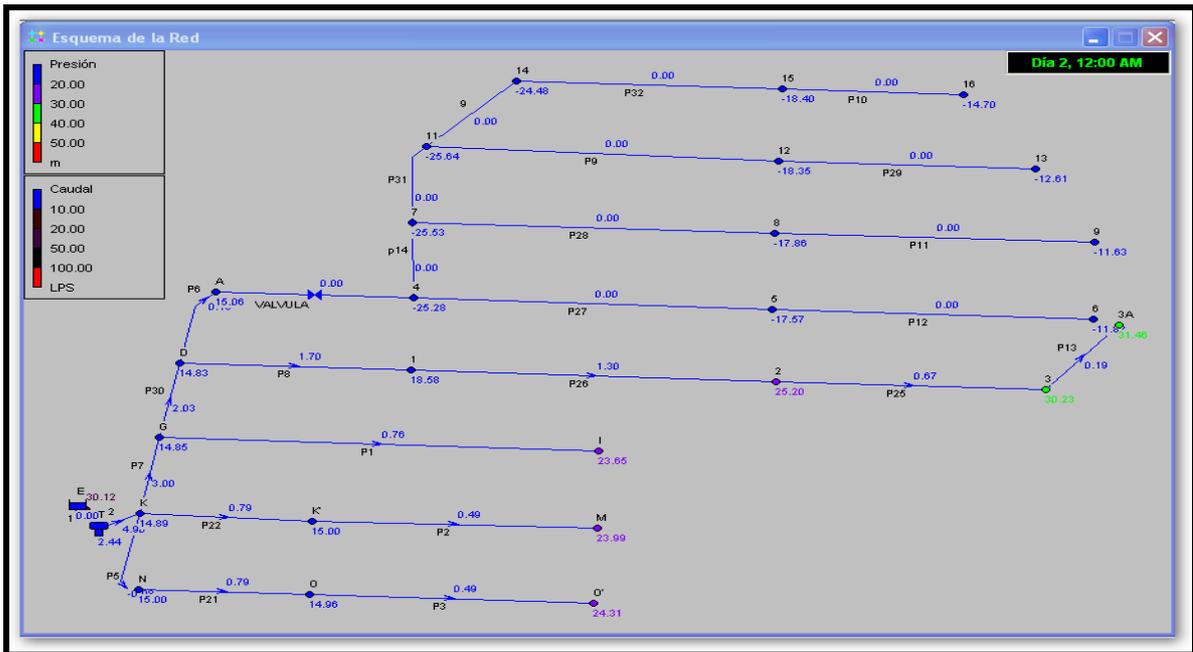
Igualmente en los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tienen para los nodos 3A y 3, presiones máximas con 27.83 y 26.64 m respectivamente; mientras que las presiones más bajas para este instante, los tenemos en los nodos G y D con 14.83 y 14.80 m respectivamente.

También se puede apreciar que los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua, es decir su valor es de cero, por no haber circulación de la misma.

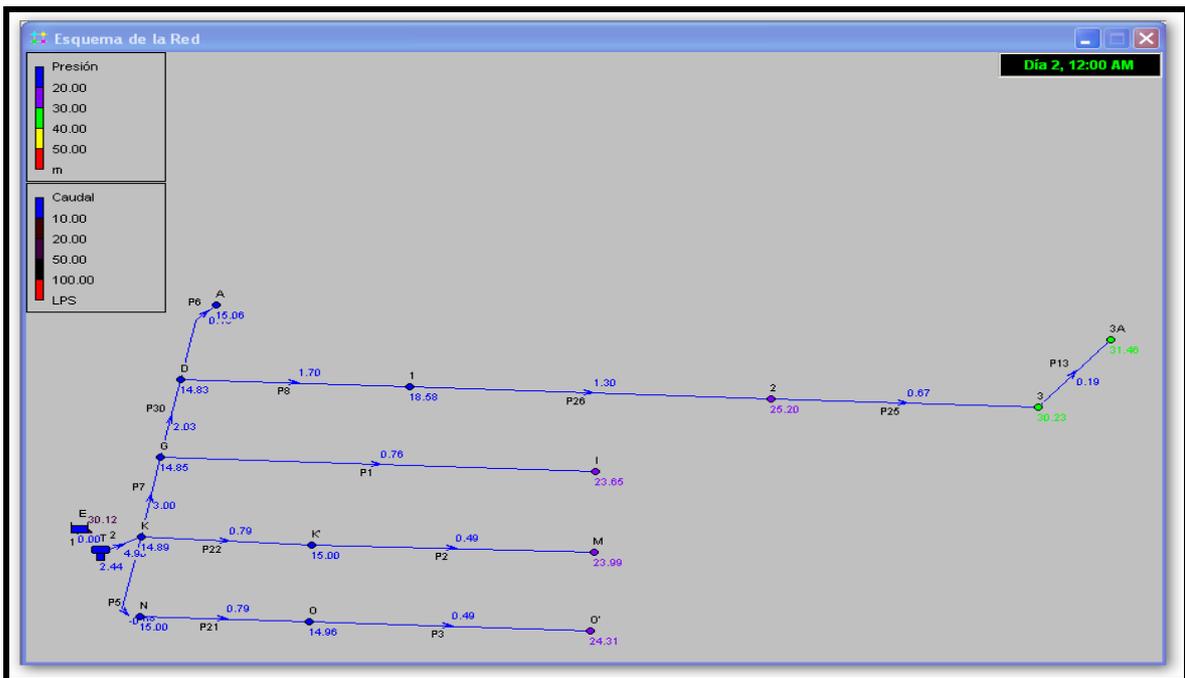
En general, también para este tiempo, el esquema de la red establece que para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para lo zona suroeste, se presentan las mínimas, es decir el comportamiento que sigue la red es de acuerdo a la variación de la curva de modulación.

El esquema de la parte inferior (ver figura 3.5 c)-2), es equivalente al esquema de la parte superior (ver figura 3.5 c)-1), esto se hace con el propósito de obtener resultados de un modelado diferente, pero con una misma situación de datos de entrada a Epanet, y resultando datos de salida congruentes, entonces podemos deducir que la modelación para este tiempo se considera correcto.

Figura 3.5 d) 1 y 2. Esquema de la red para un instante de tiempo de 24 horas.



1) Sistema con modelado de válvula.



2) Sistema con modelado sin válvula.

Para un lapso de tiempo de 24 horas, que al igual que a los anteriores, toda la área afectada (nodos 4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), no tiene circulación de agua, puesto que la válvula cerrada nos impide el paso de agua a toda la zona noreste; más sin embargo Epanet interpreta esta situación como demandas de presión en forma negativa.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tienen para los nodos 3A y 3, presiones máximas con 31.46 y 30.23 m. respectivamente, mientras que las presiones más bajas para este tiempo, se tienen en los nodos G y D con 14.85 y 14.83 m, respectivamente.

También se puede apreciar que los tramos de tubería P27, P12, P14, P28, P11, P31, P9, P29, 9, P32, y P10 no conducen agua, es decir su valor es de cero, por no haber circulación de la misma.

En general, también para este último tiempo del día, el esquema de la red establece que para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para la zona suroeste, se presentan las mínimas, es decir, se comporta de manera lógica según varía la curva de modulación.

3.2.3.1. CONCLUSION TERCER CASO.

Resumiendo para este caso podemos resaltar, que en la modelación para estas características dadas, de esta situación (tercer caso), se encontró que el nodo donde siempre tendremos una máxima presión es el 3A, por lo que en alguna contingencia de emergencia, como podría ser un incendio, podremos también, tener de base dicho crucero para establecer un hidrante o alguna otra ramificación, mientras que el nodo que siempre presento la mínima presión fue el D.

Cada nodo de la red, para cada instante presentado, se comporta de manera eficiente y conforme a las necesidades de demandas y a la curva de modulación establecidas por la CONAGUA para 24 horas de régimen del mismo, y también según los requerimientos del proyecto para cada situación establecida y para cada nodo.

En todo el lapso de tiempo de la modelación de la red y con las condiciones previamente establecidas como bases, tanto la presión máxima, como la presión mínima estuvieron dentro del rango de aceptación de las normas que exige la CONAGUA, por lo tanto se considera a la modelación como correcta y eficiente.

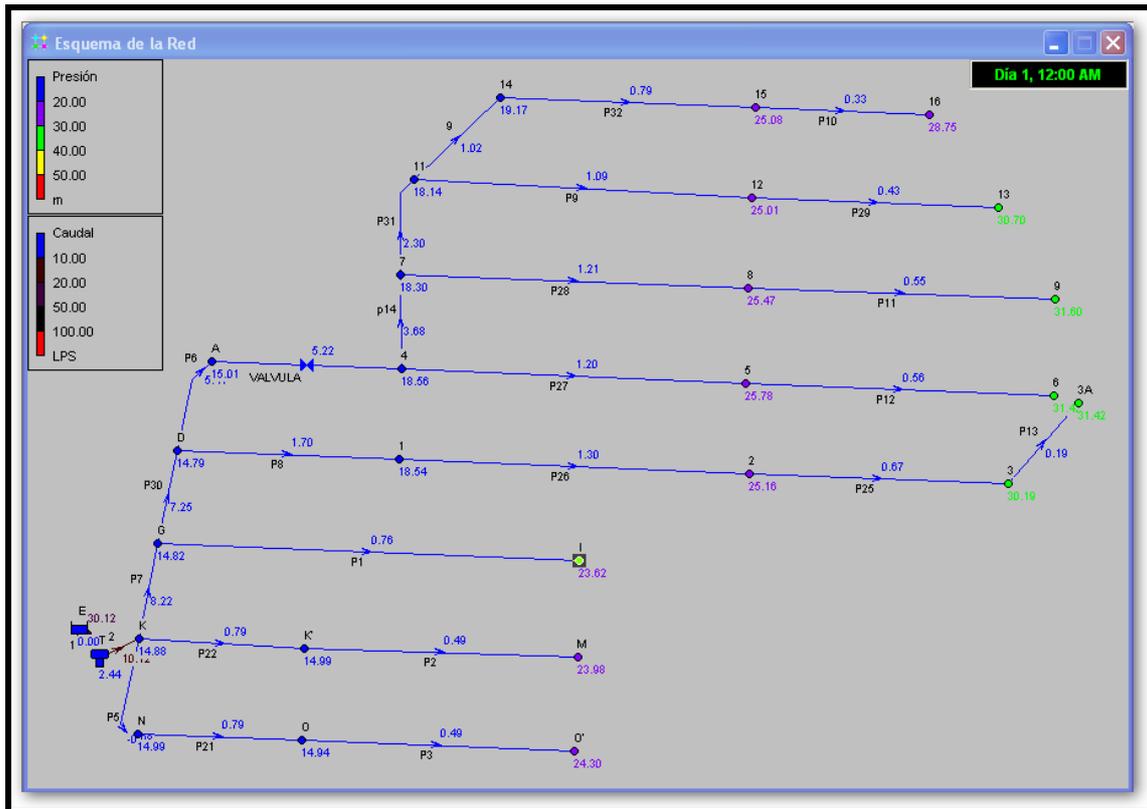
Las presiones en cada nodo siguen una tendencia de acuerdo a la variación de la curva de modulación, así como también, la demanda base en los nodos. Si expresáramos los incrementos o decrementos de la presión en los nodos, en valores porcentuales, dicho factor, no tiene tendencia a elevarse, o a disminuir drásticamente, sino que se aproxima a adoptar valores, según sea la hora del día y la demanda de agua considerada en la curva de modulación, dada por la CONAGUA anteriormente.

3.2.4. CUARTO CASO. BOMBA FUNCIONANDO Y VÁLVULA ABIERTA.

Para nuestra red hidráulica ya establecida, igual que el caso anterior, solo que en vez de tener la válvula cerrada, ahora la abrimos en su totalidad, para permitir el paso del agua a esta zona en cuestión., nuevamente consideramos la bomba funcionando y el tanque opera normalmente. Para efectos hidráulicos de modelación en Epanet, ahora a cada nodo se le devuelve sus características hidráulicas (según la curva de modulación, como la demanda base de origen), siendo exactos, para los nodos siguientes;(4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), las cuales son características que el software requiere para poder funcionar adecuadamente; así, con lo anterior, se obtienen los resultados esperados.

A continuación se puede apreciar en los esquemas que muestran las figuras 3.6(a, b, c y d); como el agua ahora fluye en la zona que antes por la válvula cerrada no permitía el paso del agua. La red hidráulica se comportara para tiempos de cero, 1, 6, 12 y 24 horas de régimen del agua; respectivamente, como según varia las demandas en los tiempos de la curva modulación según datos, dados por la CONAGUA.

Figura 3.6. a). Esquema de la red para un tiempo de cero horas

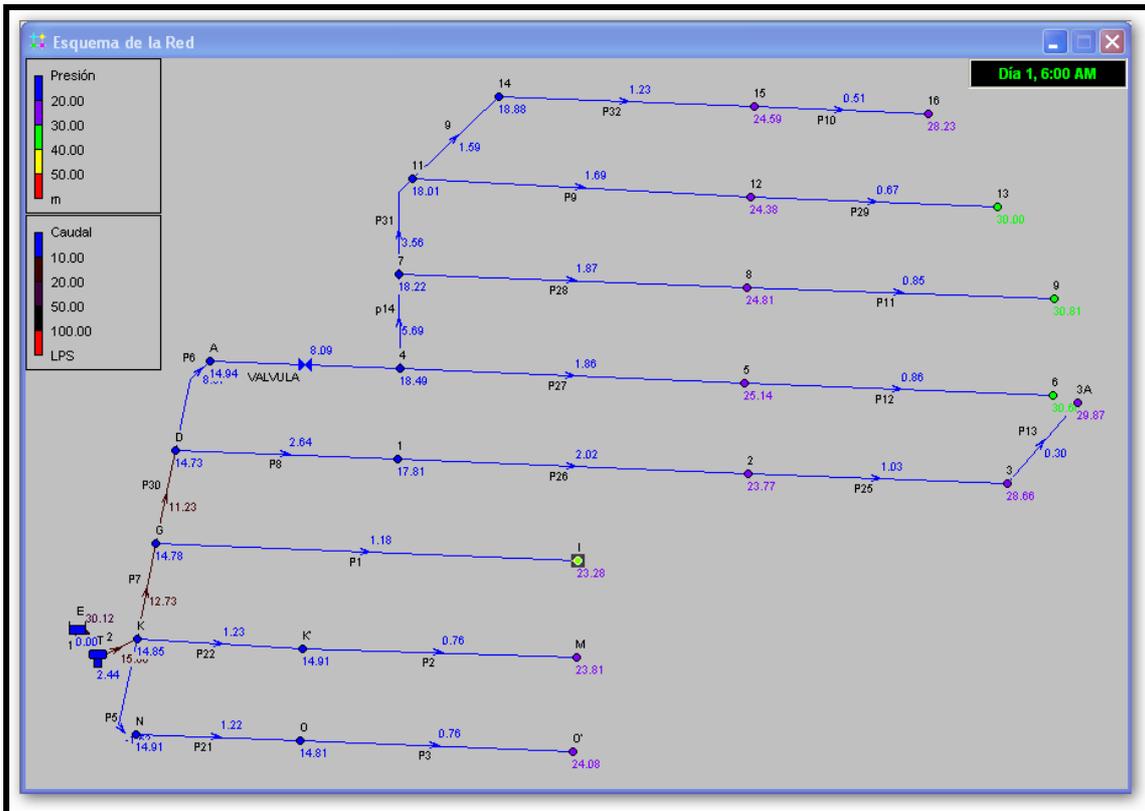


Para este último caso, podemos apreciar que en el instante de tiempo cero, nuevamente el agua fluye en su totalidad en la red, que en el tercer caso no fluía, debido a que lógicamente ahora la válvula se encuentra abierta, y a todos los siguientes nodos (4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), nuevamente se les incorpora sus características hidráulicas de origen, en el programa Epanet, es decir, se verifican las casillas de aceptación de datos de entrada, en todos estos nodos. Ahora y con la situación antes establecida, el software interpreta la situación normal y en la zona que anteriormente resultaban presiones negativas, ahora presentan presiones normales y lógicas.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tiene para el nodo 9, una presión máxima de 31.60 m; mientras que la presión más baja para este tiempo, se tiene en el nodo D, con 14.79 m.

En general el esquema de la red establece que para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para la zona suroeste, se presentan las mínimas presiones. En la zona centro, y siguiendo esta tendencia encontraremos las presiones medias entre 18 y 25 m, de carga disponibles.

Figura 3.6. b). Esquema de la red para un instante de tiempo de seis horas.

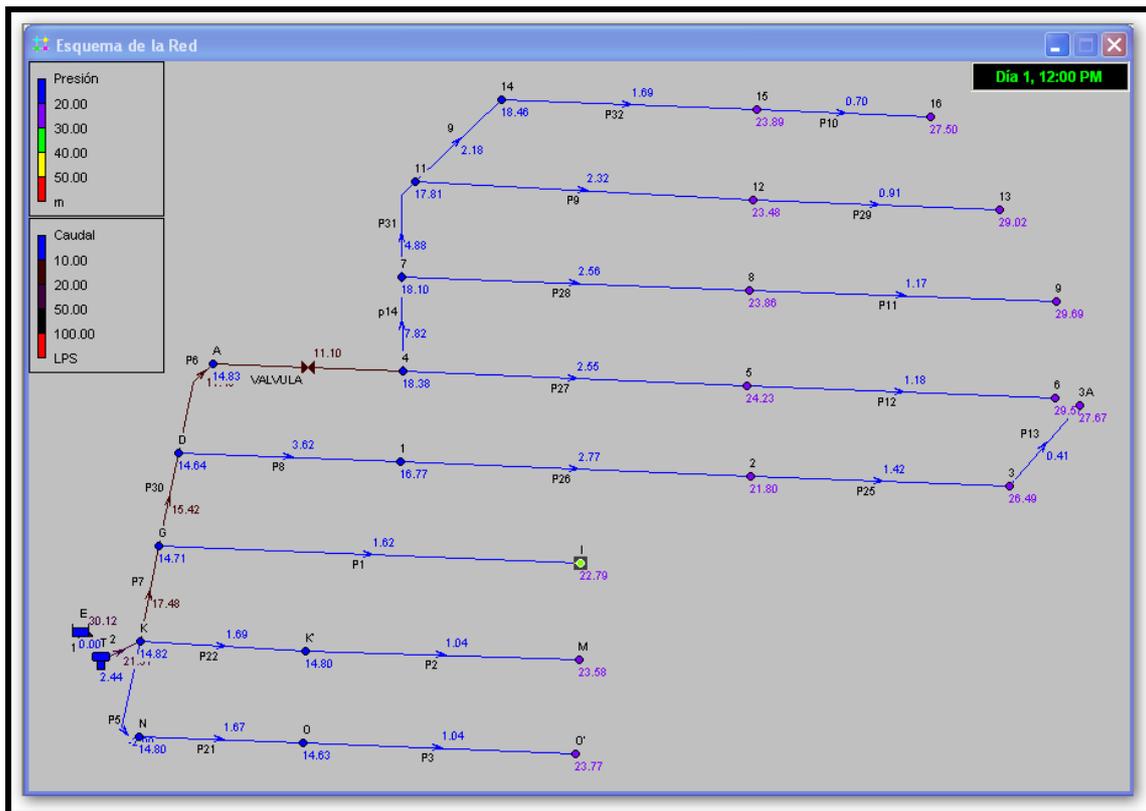


Para un tiempo de permanencia de seis horas, podemos ver que nuestra red sigue la misma tendencia que en el tiempo antes presentado, nuestra válvula se encuentra abierta, y todos los nodos siguientes (4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), nuevamente se comportan conforme a sus características incorporadas, esto simplemente, fue modelado en el software Epanet. Ahora, y con la situación antes establecida; a través del software se determina que en la zona que anteriormente resultaban presiones negativas, ahora presentan presiones normales y lógicas.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tiene que para el nodo 9, una presión máxima de 30.81 m., mientras que la presión más baja para este tiempo, se presenta en el nodo D con 14.73 m.

En general el esquema de la red nuevamente establece, que, para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para la zona suroeste, se presentan las mínimas presiones. En la zona centro, y siguiendo esta tendencia encontraremos las presiones medias entre 17.8 y 24 m, de carga disponibles.

Figura 3.6. c). Esquema de la red para un de tiempo de doce horas.

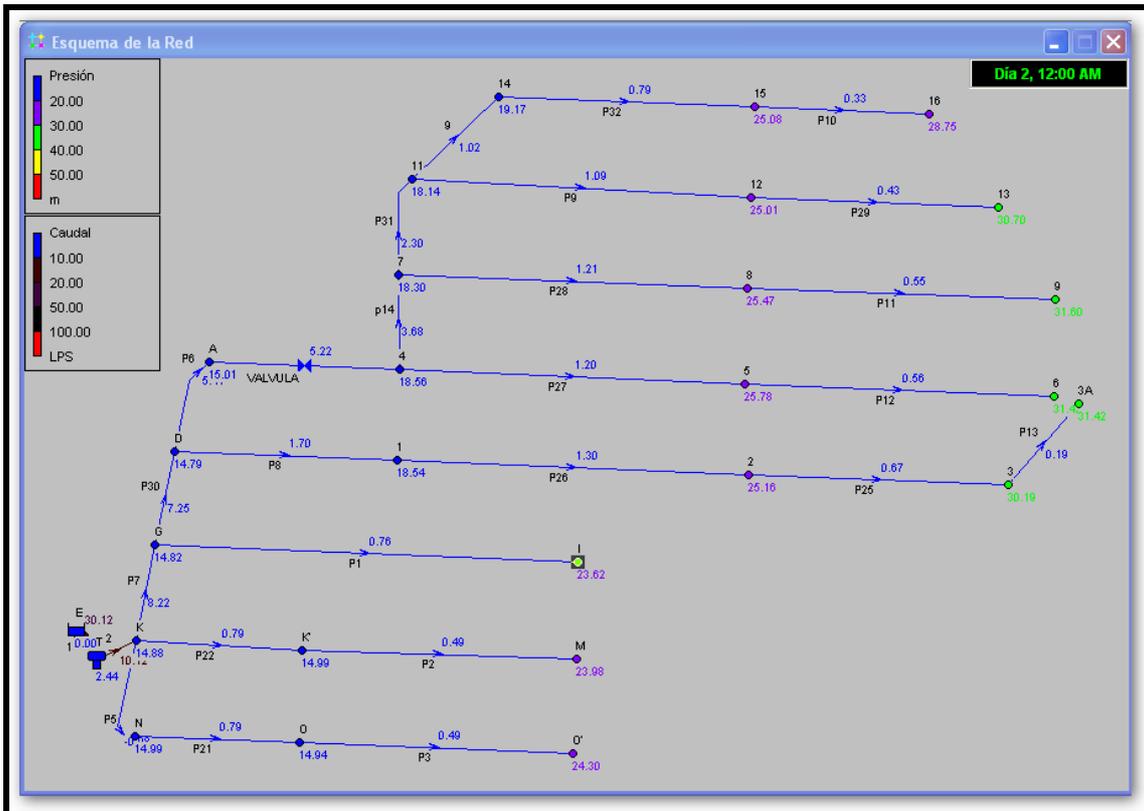


En este lapso de tiempo de permanencia de doce horas transcurridas, podemos ver que nuestra red sigue la misma tendencia que en el tiempo antes presentado, nuestra válvula se encuentra abierta, y todos los nodos siguientes (4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), nuevamente se comportan conforme a sus características incorporadas de origen, esto simplemente es acorde a lo modelado con el software Epanet. Ahora, y con la situación antes establecida, a través del software se determina que en la zona que anteriormente resultaban presiones negativas, ahora presentan presiones normales y lógicas.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tiene que para el nodo 9, una presión máxima de 29.69 m., mientras que la presión más baja para este tiempo, la tenemos en el nodo D con 14.64 m.

En general el esquema de la red nuevamente establece, que, para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para lo zona suroeste, se presentan las mínimas presiones. En la zona centro, y siguiendo esta tendencia encontraremos las presiones medias entre 16 y 24 m, de carga disponibles aproximadamente.

Figura 3.6.d). Esquema de la red para un tiempo de 24 horas.



Para este último instante de un día de tiempo de permanencia transcurrido, podemos ver que nuestra red sigue la misma tendencia que en el tiempo antes presentado, nuestra válvula se encuentra abierta, y todos los nodos siguientes (4,5,6,7,8,9,11,12,13,14,15, y 16), nuevamente se comportan conforme a sus características incorporadas de origen, esto simplemente, según lo modelado en el software Epanet. Ahora, y con la situación antes establecida, el software interpreta la situación normal y en la zona que anteriormente resultaban presiones negativas, ahora presentan presiones normales y lógicas.

En los demás nodos de la red, las presiones se comportan de manera normal, así se tiene que para el nodo 9, una presión máxima de 31.60 m., mientras que la presión más baja para este tiempo, la tenemos en el nodo D con 14.79 m.

En general el esquema de la red nuevamente establece, que, para la zona noreste se presentan las más altas presiones, mientras que para la zona suroeste, se presentan las mínimas presiones. En la zona centro, y siguiendo esta tendencia encontraremos las presiones medias entre 16 y 24 m, de carga disponibles aproximadamente.

3.2.4.1. CONCLUSION CUARTO CASO.

Resumiendo para este último caso podemos resaltar, que el nodo donde siempre tendremos una máxima presión es el 3A, por lo que en alguna contingencia de emergencia, como podría ser un incendio, podremos también, tener como base dicho crucero para establecer un hidrante o alguna otra ramificación de la red, mientras que el nodo que siempre presentó la mínima presión fue el D.

Cada nodo de la red, para cada tiempo presentado, se comporta de manera eficiente y conforme a las necesidades de las demandas dadas, y a la curva de modulación establecidas por la CONAGUA para 24 horas de régimen del mismo, y también según los requerimientos del proyecto para cada situación establecida y para cada nodo.

En todo el lapso de tiempo del modelado de la red para este caso, y con las condiciones previamente establecidas por los lineamientos que marca la CONAGUA, tanto la presión máxima, como la presión mínima estuvieron dentro del rango de aceptación de las normas que lo exigen; por lo tanto se considera la modelación realizada correcta y adecuada.

Las presiones en cada nodo de la red, siguen una tendencia de acuerdo, o conforme varía la curva de modulación horaria, así como también, la demanda base en los nodos. Si expresáramos los incrementos o decrementos de la presión en los nodos, en valores porcentuales, dicho factor, no tendría tendencia a elevarse, o a disminuir drásticamente, sino que se aproxima a adoptar valores, según sea la hora del día y la demanda de agua considerada en la curva de modulación, dada por la CONAGUA (tabla 2.1).

3.3. RESULTADOS.

En la simulación de las cuatro situaciones dadas, se encontraron resultados lógicamente esperados y conclusiones que de alguna u otra manera, vienen a reforzar los mecanismos de estudio de una red de distribución de agua.

Para el primer caso con la válvula cerrada, es obvio esperar que el flujo de agua no circule hacia la zona cerrada, aun así, toda la red tiende a comportarse de acuerdo conforme varia por hora, los datos de la demanda de la curva modulación. En cuanto a la bomba en un estado de parada, no suministra mas agua al tanque, por lo que, el suministro del mismo solo alcanza un máximo de tres horas

Para la segunda situación, que al igual que el primer caso, solo que, con la válvula abierta, distribuirá el agua en todos y cada uno de los nodos de la red, puesto que, la válvula ya no impedirá el flujo de agua a esa zona, pero de igual forma, que en el caso anterior, la bomba no suministra agua al tanque, por tanto, la simulación solo alcanza para un máximo de dos horas, es decir, el agua se agota en la red a la segunda hora de funcionar normalmente. Las presiones tanto para el primer caso, como para el segundo entran dentro del rango de aceptables, ya que la mínima esperada para zonas semi-urbanas es de 10 m. y la máxima de 50 m respectivamente.

Para la simulación del tercer caso tenemos que, misma válvula cerrada para esa zona, pero con la condición de la bomba funcionando normalmente; es de esperarse situaciones normales de presión y caudal para toda la red, por la tanto se presentan resultados obvios y lógicos, pero para Epanet, en la zona sin flujo de agua solo manifiesta situaciones de presiones negativas, esto significa cero circulación de agua. Lo anterior, se debe al caso de que la válvula se encuentra en estado cerrada. Al igual que el tercer caso, el cuarto se modifica solo en cuestiones de abrir la válvula y generando la situación de presiones resultantes en toda la red normales, además de circulación del flujo en toda ella, según las demandas establecidas y siempre presentando resultados, que se encuentran dentro del rango de aceptación de las normas de CONAGUA.

En todos los casos, la presión más alta se presento en el nodo 3A, mientras que la presión mínima se manifestó en el cruce D. En cuanto, a los demás nodos, sus presiones no variaron drásticamente, es decir tendieron a comportarse normalmente, presentándose las medias presiones, en la zona centro, las más bajas en la zona Suroeste

y las más altas en la zona Noreste.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1.-La gestión de los sistemas de distribución de agua, constituye un motivo de estudio, actualización e innovación en las diversas dependencias gubernamentales y privadas, en los sectores involucrados dentro de la sociedad y las acciones orientadas a crear capacidades de gestión y regulación en el manejo del agua; los cuales son temas prioritarios para el desarrollo de las comunidades rurales y de la sociedad urbana en general. Lo anterior implica la necesidad de encontrar y concertar los mecanismos más idóneos dentro del campo legal, social, político y económico a fin de solucionar los grandes conflictos existentes entre los usuarios y beneficiarios del agua.

La información existente en los distintos organismos que se utiliza como base para la toma de decisiones, si bien debe ser pública, resulta de difícil acceso al público en general. Si bien se han realizado grandes esfuerzos por desarrollar un SIG (Sistema de información geográfico) completo, debe destacarse que mucha de la información existente es puntual, dispersa, y todavía no tiene un alto nivel de sistematización.

Como se ha visto, los SIG constituyen una herramienta muy poderosa para la gestión de información y su relación con algo tan tangible como un sistema de distribución de agua a presión. Sin embargo, es muy importante conocer los alcances de un sistema como este para aprovechar sus potencialidades al máximo, utilizándolo en el delicado proceso de toma de decisiones del organismo operador, el gobierno y las asociaciones civiles.

En general, a lo largo de esta tesis, resultan evidentes las ventajas que presenta el uso de Sistemas de Información que pueden ser referenciados a entidades espaciales, particularmente por la gran utilidad que significa combinar la potencialidad de la parte gráfica del sistema con un banco de datos interactivo y de actualización automática.

Es claro que la práctica cotidiana en el uso de los SIG en las organizaciones generará ventajas competitivas, sin importar si el sector de la empresa en cuestión vende servicios de internet, y se encarga del Sistema de Distribución de agua potable; o bien se dedique a realizar estudios de mercado para la introducción de nuevos productos.

Sin embargo, es necesario destacar la amplia gama de aplicaciones de índole social que pueden tener los sistemas de información geográfica y más importante aún resulta el promover su utilización tanto en el sector gubernamental como en la iniciativa privada.

2.- En cuanto a los software utilizados en el proyecto, podemos decir que Arc View es una herramienta de mucha ayuda en los sistemas de información geográfica, ya que provee herramientas para incorporarlas en la información espacial y atributiva, crear mapas, realizar consultas, desarrollar análisis espaciales, acceder a base de datos externas e implementar aplicaciones bajo programación en lenguaje Avenue. De tal manera que tiene la facilidad de personalizar también su interfaz gráfica de usuario, consecuentemente nos permite administrar la información geográfica relacionada con la red de distribución de agua potable, ya que es un software diseñado casi para la administración y el control de la información espacial.

Respecto a Epanet podemos decir que es muy potente su uso, ya que a través de éste, se realizan simulaciones en período tanto estático, como extendido del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de tuberías a presión.

Dicho software, permite seguir la evolución del flujo del agua en las tuberías, de la presión en los nudos de demanda, del nivel del agua en los depósitos, y de la concentración de cualquier sustancia a través del sistema de distribución durante un período prolongado de simulación. Además de las concentraciones, permite también determinar los tiempos de permanencia del agua en la red y su procedencia desde los distintos puntos de alimentación.

En cuanto a Excel, se sabe de antemano que es un potente software para manejar tablas y base de datos electrónicas de forma eficiente, pudiendo así, establecer en las casillas tanto rangos como fórmulas, de ahí su relación en este sistema.

3.- La implementación de un SIG en este sistema de distribución de agua, ha facilitado al organismo operador y de mantenimiento, el control y gestión de la red de agua potable.

Se considera a un SIG, como un sistema de importancia primordial para la sociedad, toda vez que contribuirá a mejorar la gestión de los inmuebles y servicios dentro de la localidad en estudio, por lo cual debe ser comprendido y apoyado por los integrantes de la comunidad. Hasta que esto no ocurra, será muy difícil contar con un sistema completo a corto plazo, ya que no se dispone de los recursos económicos requeridos para su desarrollo.

El Sistema Red de Agua Potable, constituye un sistema de información que permite disponer de información rápida y oportuna sobre las características, ubicación y estado de los componentes que conforman la red de agua potable de las unidades Bella vista y Nueva España. La tecnología SIG brinda valiosas posibilidades para la adquisición, almacenamiento, análisis y producción de información georeferenciada que deben ser aprovechadas al máximo por los responsables de tomar decisiones de cambio en relación con el entorno físico, social o económico.

La aplicación de técnicas informáticas, apoyadas en la utilización de medios de geoposicionamiento (GPS), se muestra más rentable en los trabajos de actualización y comprobación de datos concretos de la red. Esta metodología permite al operario tener toda la información de la red en su equipo informático, y comprobar con gran facilidad la adecuación de los datos almacenados con la realidad que está visualizando.

Independientemente de la técnica empleada en campo para la adquisición de datos, la finalidad es conseguir almacenar en un sistema de información geográfica los valores característicos de los elementos de las redes. Se realiza directamente durante el proceso de adquisición de datos, o bien se implementan posteriormente.

Con el proyecto desarrollado, se ha logrado caracterizar adecuadamente la red de abastecimiento de agua potable, y se han definido procesos de adquisición de datos más adecuados a las necesidades de las empresas de gestión. Este es el primer paso que permitirá la optimización de estos servicios, a través de la utilización de SIG integrados con aplicaciones para la modelación y el control de las redes, que redundarán en la calidad de estos servicios fundamentales de nuestra sociedad.

Para concluir, es importante destacar que el uso de los SIG no debe ser manejado como un problema de tecnología, como ha ocurrido durante ya varios años. Sin embargo, su uso debe reflejar la necesidad de una herramienta para el manejo de datos espaciales, con la finalidad de resolver un problema.

4.-El proyecto por ser un sistema de información geográfico, se deberá actualizar y retroalimentar conforme se tengan necesidades requeridas de la población servida, que a su vez, son directamente proporcional a las mejoras, gestión, reparaciones, abastecimiento de la red de agua, y por lo tanto este proceso se vuelve una constante repetición, lo cual ocasiona que se tengan que tomar medidas de control y actualización sobre todo, de la red de agua, que solo beneficiará a la población y con este propósito, tener un mejor servicio de calidad de agua distribuida en el fraccionamiento.

Por lo tanto, respecto a la hipótesis de investigación, se comprueba que a través de un SIG, los alcances que pueden llegar a tener estos sistemas, solo son limitados por la base de datos que ellos tengan, así a mayor número de datos, mayor será la información que de ellos se podrá obtener; y a una constante actualización de sus datos, más precisos a la actualidad serán los resultados que arroje cuando sean consultados por una persona.

BIBLIOGRAFÍA

Aronoff, S. (1993) Geographic Information Systems. WDL Publications; Canadá.

Aronoff, S. (1989) "Geographic Information Systems, a management prespective", WDL Publications, Ottawa, Canada.

Barredo Cano, José Ignacio (1996). Sistemas de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación territorial. Editorial RAMA, España

Bosque, J. et al. (1998) Aplicaciones de la informática a la geografía y ciencias sociales. Síntesis; España.

Bosque, J. et al. (1994) Sistemas de información Geográfica. Addison wesley Iberoamericana-RaMa; España.

Bosque Sendra J. (1997), Sistemas de Información geográfica Ediciones Rialp S.A. Segunda edición corregida

Cámara G, y Otros, 1998, Anatomía de Sistemas de Información Geográfica

Cebrián, J. (1992) Información geográfica y sistemas de información geográfica. Universidad de Cantabria; España.

Comas, D. y Ruiz, E. Fundamentos de los Sistemas de Información Geográfica. Edit. Ariel., Barcelona. 1993.

Cubillo, Francisco (1997). "Guía para la implantación de Sistemas de Información en la Gestión de redes de Suministro de Agua".

De Almeida A. Christofolletti A, 1999, Sistemas de Información Geográfico. Diccionario Ilustrado.

Díaz Cisneros, L. (1992) Sistemas de información geográfica. Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM). Toluca, México.

Chuvieco, Emilio. Fundamentos de teledetección espacial. Ediciones Rialp, Madrid. 1990.

Gámir, A., Ruiz, M. y Seguí Pons, J. M. Prácticas de análisis espacial. Edit. Oikos-tau. Barcelona. 1994.

Gutiérrez Puebla, Javier. Gould, Michael. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Editorial Síntesis. 1994.

Kendall, Kenneth E. Análisis Y Diseño De Sistemas. 3a. Edición. Ed. Prentice Hall, 1991

Laudon, Kenneth C. Administración De Los Sistemas De Información. 3a. Edición. Ed. Prentice Hall,1996

Moldes teo, Javier. Tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. Ed. RA-MA. Madrid. 1995.

Senn, James A (2000). Análisis Y Diseño De Sistemas De Información .2ª. Edición. Ed. McGraw-Hill.

Martínez, F. (2001). “Manual de Epanet 2.0 en Español”. Distribuido por internet.

Rossman, L. (2000), “Epanet 2 User’s Manual”. USEPA. Cincinnati, USA.

Martínez, F., Bartolín, H. Sancho, H (2003) “Obtención de modelos hidráulicos de redes de suministro de agua desde SIG. Conexión ArcView- EPANET 2 Esp.” XXIII Jornadas Técnicas de la AEAS. Salamanca. Actas de las Jornadas, pp 293-310

Manual de Prácticas de Fundamentos de la Mecánica de Fluidos (2004). Simulación de Redes de distribución de agua utilizando Epanet,. Apuntes universitat Jaume I.

Nieves Lantada Z..M. A. Nuñez Andres, 2005. Sistemas de Información Geográfica, Prácticas con Arc View, Ediciones UPC, Ed. Alfaomega.

Arc/View 3.2, *Manual del usuario: Arc/View 3.2*, desarrollado por Environmental System Research Institute. ESRI, Redlands, California, EE.UU. (1992-1999):

Virginia Behm (2005) . Curso Basico de Arc View 3.2. Teoría y Práctica, Caracas.

Manual ESRI . Using ArcView GIS, (Eds.) 1996.New York.

Arc View Gis, 1996, Environmental Systems Research Institute Inc, Redlands,USA.

Environmental Systems Research Institute Inc. (ESRI). 1996. Arc View Gis. Redlands,California 92373-8100 USA.

Cengel-Cimbala (2006). Mecanica de Fluidos, Fundamentos y Aplicaciones. 1a. edición. Ed. Mc Graw hill.

CONAGUA.(2005) ,Subdirección General de Construcción, Coordinación de Asuntos Fronterizos. Manual para el levantamiento de las redes hidráulicas en áreas urbanas.

CONAGUA (2003), Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento

ANEXOS

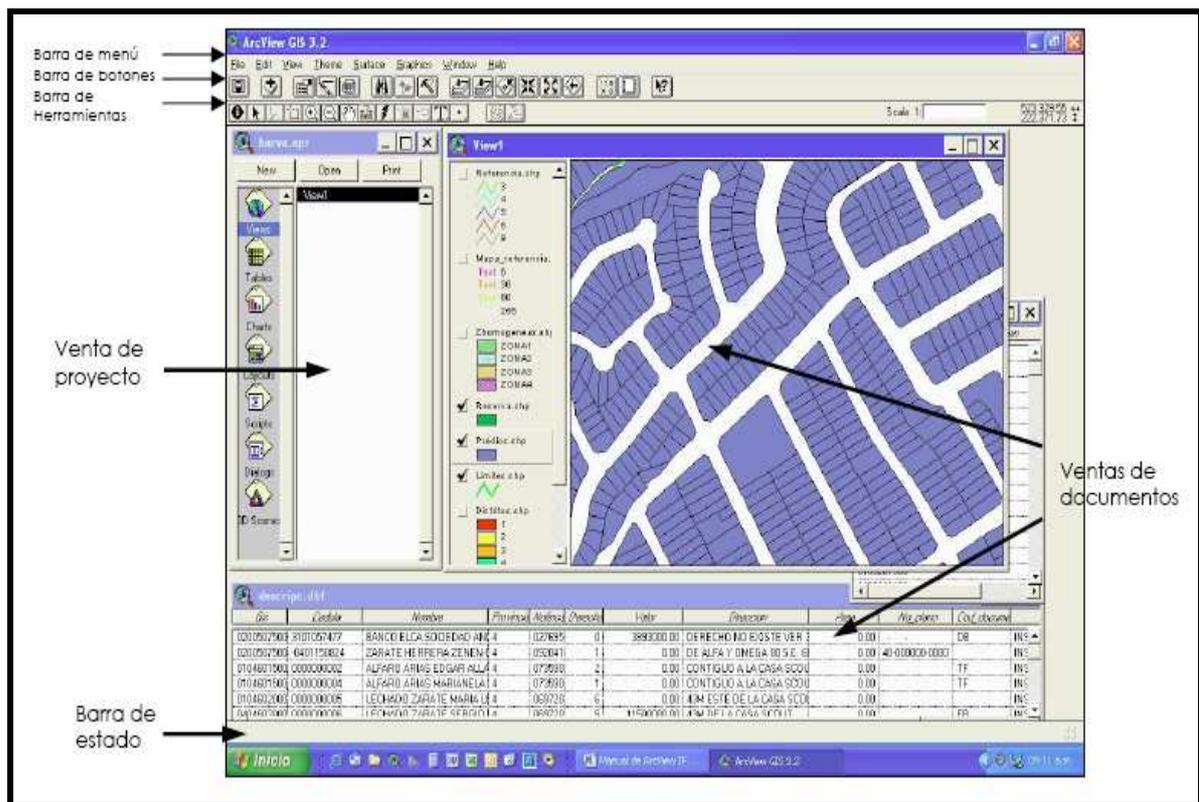
ANEXO A

CREANDO UN NUEVO PROYECTO EN ARC VIEW:

LA INTERFAZ DE ARCVIEW

Al abrir el programa aparece la ventana de aplicación que se organiza a su vez en varias ventanas y apartados que son:

1. La **barra de menú** está subdividido en varios menús desplegables que contienen las funciones del programa (File, Edit, View, Theme, Graphics, Windows y Help).
2. La **barra de botones** permiten el acceso directo a alguna de las opciones contenidas en los diferentes menús.
3. La **barra de herramientas** básicamente destinadas al desplazamiento y a la edición de las **vistas**.
4. La **ventana del proyecto**, la que recoge todos los componentes del proyecto, se muestra a continuación.



El documento principal de las aplicaciones de ArcView es el proyecto, un archivo en el que se almacena la configuración que se realiza con el SIG.

El proyecto puede estar compuesto por varios tipos de documentos (mapas, tablas, gráficos, etc.) para los cuales existen diferentes “interfaces”, tales como:

- **Vistas**: Área de trabajo con información cartográfica (Mapa Catastral, Mapa de valores, Mapa de Referencia, etc.)

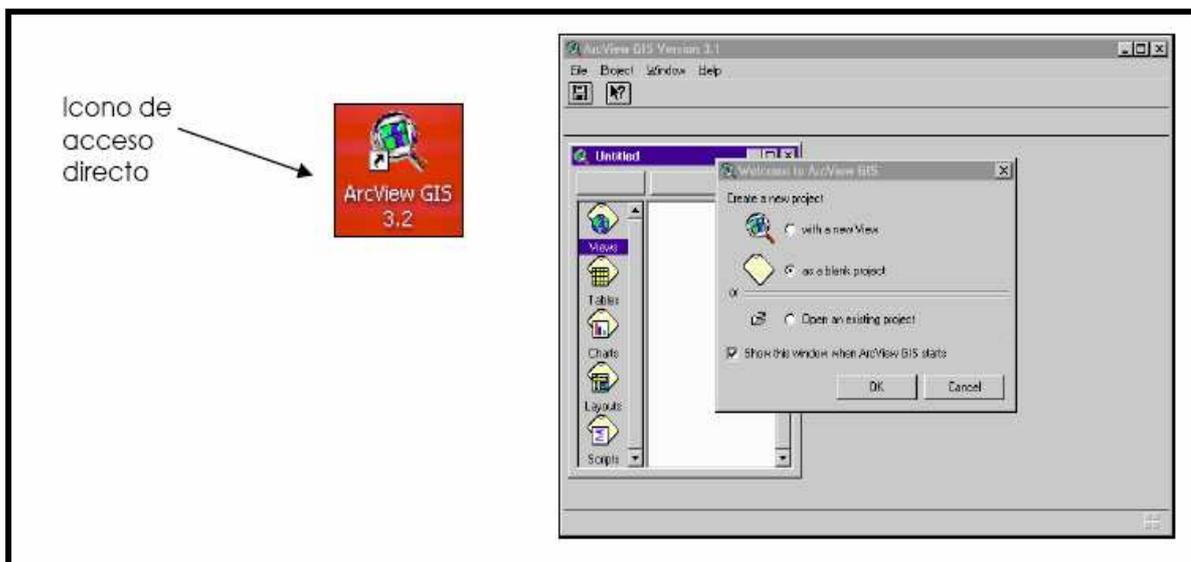
Temas: Dentro de una vista pueden existir distintas “grupos” de información geográfica de un mismo tipo (Parcelas, hidrografía, puntos de control, mapa de valores, etc.) Cada tema es una “grupo” de información, representada por líneas, puntos y polígonos.

- **Tablas**: Área que permite la gestión de los atributos alfanuméricos asociados a los temas (cartografía) o aquellas tablas externas o Bases de Datos que se añaden al proyecto.
- **Gráficos**: Área de trabajo con gráficos realizados a partir de los atributos contenidos en las tablas.
- **Layouts**: Área para el armado de plantillas de un mapa (salidas gráficas a otros documentos)
- **Scripts**: Área de creación de subrutinas y de programación en lenguaje *Avenue*, propio de Arc View

El archivo del **proyecto** se guarda con la extensión “**.apr**”. Este archivo no contiene los datos espaciales y atributos asociados en forma de tablas sino que almacena referencias al lugar donde se conservan las fuentes de los datos, la ruta que hay que seguir en el disco para llegar a los archivos. Así pueden emplearse los mismos datos en varios proyectos. Si los datos cambian las actualizaciones se reflejarán en todos los proyectos donde sean utilizados (Manual ESRI . Using ArcView GIS, 1996).

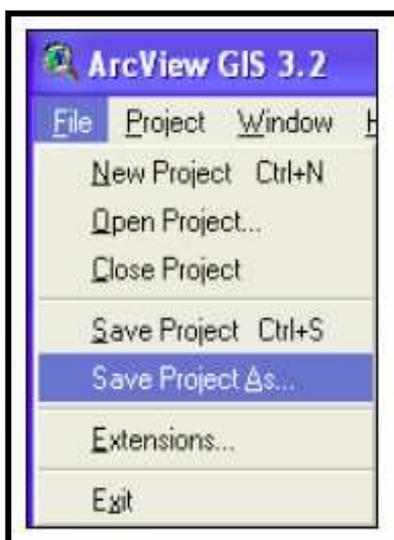
ABRIENDO EL PROGRAMA.

Cuando se pone en marcha ArcView, aparece la pantalla inicial sobre la que se despliega un cuadro de diálogo, que permite elegir entre crear un proyecto nuevo o abrir uno ya existente.



Un proyecto nuevo no contiene ningún tipo de documento y recibe por defecto el nombre de **"untitled"**. Este nombre puede ser modificado al salvar el proyecto con cualquier nombre y la extensión **".apr"**.

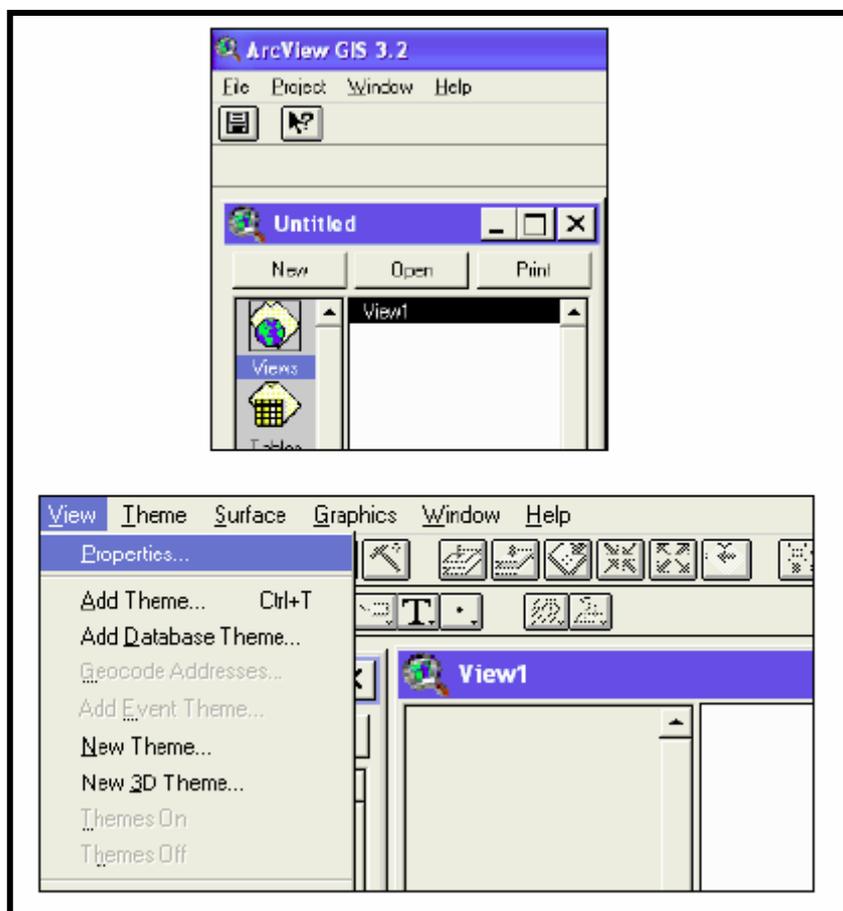
Al aceptar la opción de crear un proyecto nuevo desaparece el cuadro de diálogo, permitiendo visualizar por completo la ventana de aplicación de ArcView. Seguidamente se debe salvar el proyecto con el nombre deseado, proceso se realiza en el Menú **File, Save Project As**. Debemos indicar el directorio y carpeta donde queremos que guarde el proyecto.



CREAR UNA VISTA VACÍA.

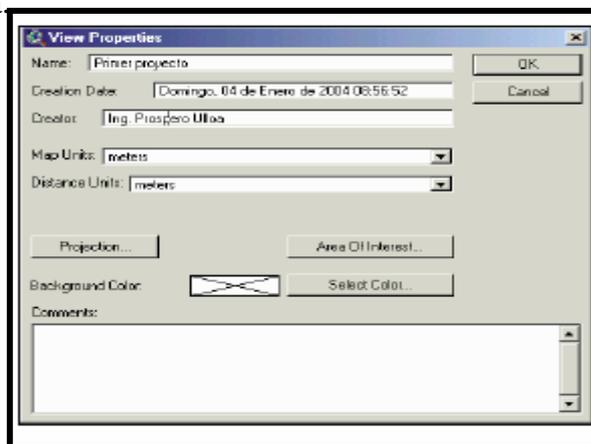
La vista se crea dentro del proyecto. Éste puede ser un nuevo proyecto o uno ya existente, el proyecto puede almacenar cualquier número de vistas y la vista varios temas, como por ejemplo: Mosaico catastral (dwg), Predios (shp), Mapa de Valores (shp), Mapa de Referencia (dwg), Foto (jpg), etcétera. (Environmental Systems Research Institute Inc.,1996)

Cuando se crea una nueva vista en el proyecto, ésta no contiene ningún tema, está vacía. En el instante en que se añade una vista al proyecto, ésta es mostrada en la ventana de proyecto. Por defecto el nombre que recibe es el de **View1**, siendo 1 el número de orden de la vista generada. Este nombre puede ser modificado en el menú **View**, dentro del cuadro de diálogo de **Properties**.



PROPIEDADES DE LA VISTA

En el menú *View*, seleccionamos la opción *Properties*, allí, podemos establecer las propiedades de la vista. Es muy importante seleccionar las unidades de la cartografía (unidades en las que fue construida la cartografía) y las unidades de distancia que usaremos para esa vista.



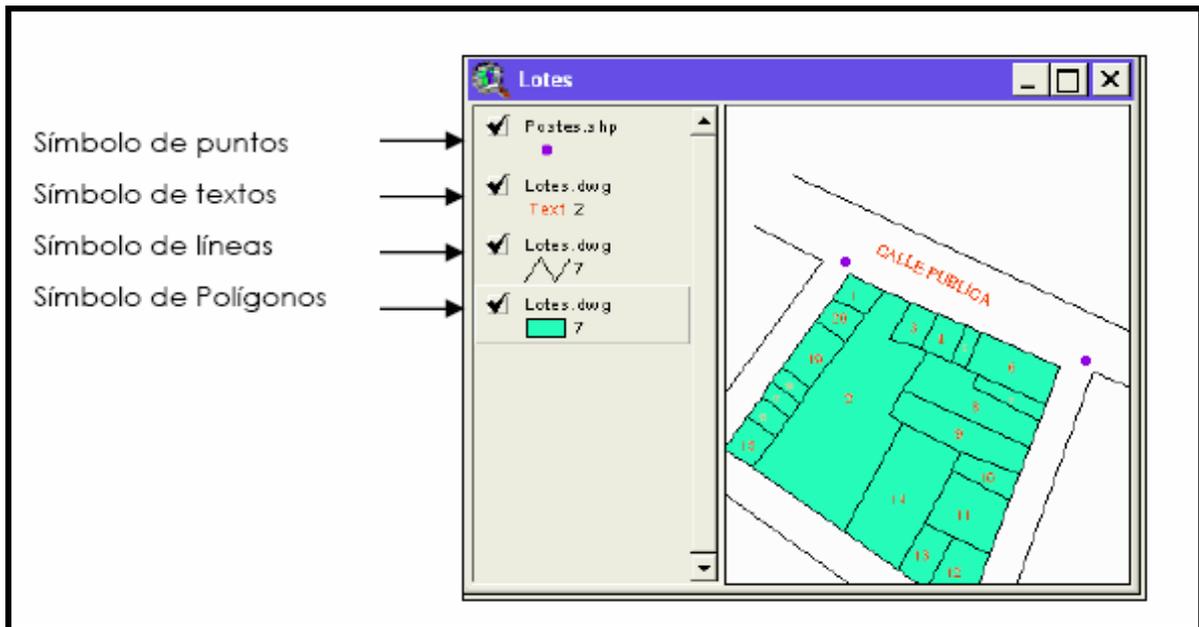
AÑADIR TEMAS A LA VISTA

¿Qué es un Tema ArcView?

Un tema es un conjunto diferenciado de elementos geográficos de un mismo tipo como son predios, calles, Mapa de Referencia, ríos; junto con sus atributos.

Los elementos del tema representan objetos geográficos usando tres formas básicas: *puntos, líneas y polígonos*. Por ejemplo, un tema puede representar calles como líneas, postes como puntos y predios como polígonos.

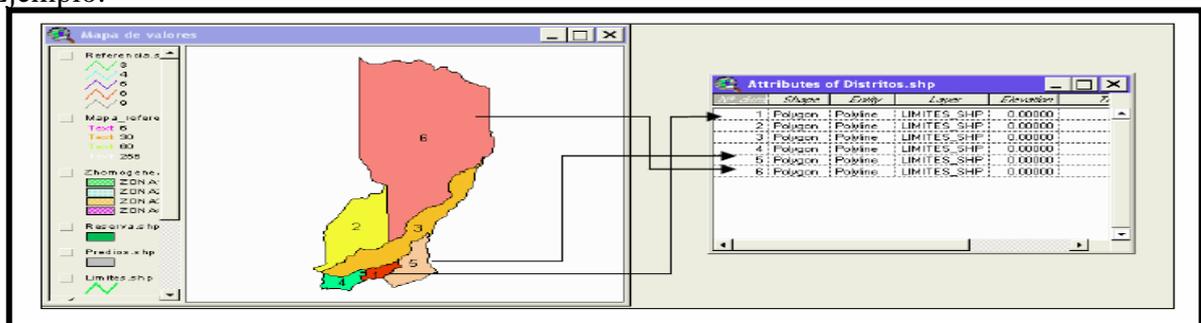
Cada tema tiene por defecto una tabla de atributos. Ejemplo:



TABLAS DE ATRIBUTOS DE UN TEMA

Cada tema que se añade al ArcView, sea en formato CAD o en formato SHP, tiene su tabla asociada, con una fila para cada elemento individual que lo compone. Cada elemento tiene un único registro en la tabla de atributos, que describe las características de dicho elemento.

Ejemplo:



Los temas pueden ser creados desde una variedad de fuentes, tales como mapas digitales existentes, fotos aéreas y tablas de datos.

TEMAS CON FORMATO SHAPE

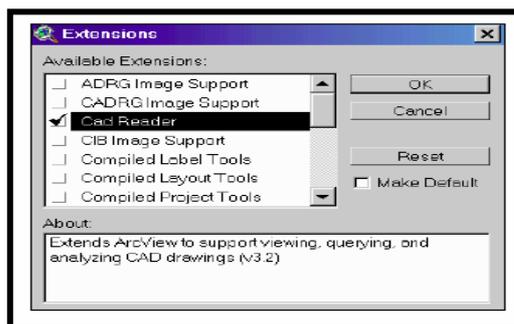
El formato Shape es el formato nativo de ArcView GIS, para almacenar localizaciones y atributos de los elementos espaciales.

Los archivos **shape** pueden ser creados a partir de fuentes de información gráfica existente, o pueden ser generados desde ArcView, donde podemos añadir y dibujar los elementos. Estos archivos tienen gran rapidez en el despliegue y visualización, y pueden ser editados.

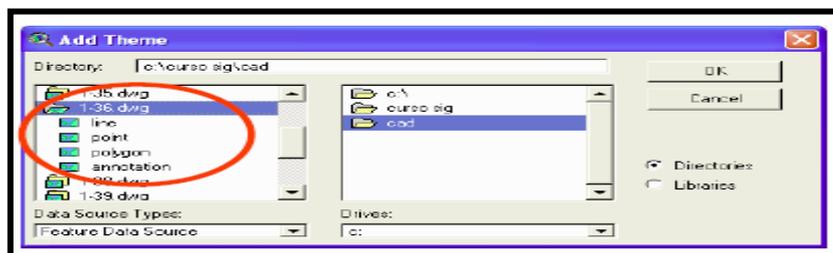
Aunque desde ArcView un tema se trata como un solo archivo, en realidad consta de tres o más archivos con el mismo nombre y extensiones diferentes, las cuales, si no se copian todas, el proyecto no funcionará en otra computadora.

TRABAJAR CON MAPAS EN FORMATO CAD

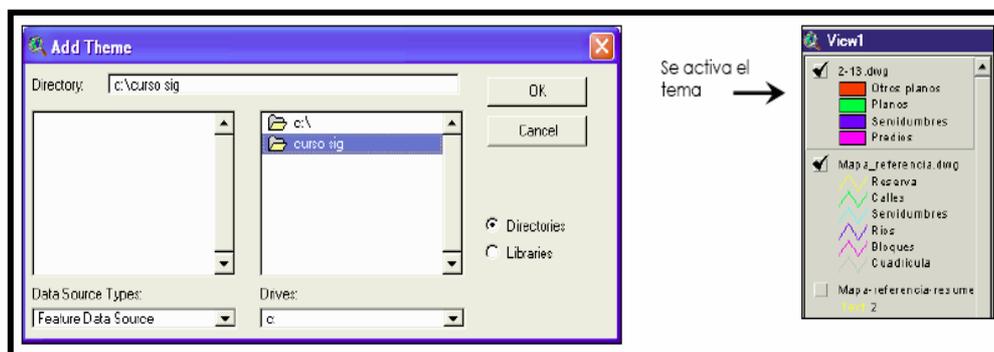
En el ámbito de la ingeniería será muy común trabajar con mapas en CAD, debido a que es una de las formas más usadas para elaborar extensas clases de proyectos. Para cargar dibujos CAD como archivos DWG, DXF, DGN primero, debemos habilitar la extensión “Cad Reader”.



Cuando se agreguen temas en formato CAD (DWG, DXF), se debe tocar el “foldercito” para que este despliegue la opción de agregar ya sea en forma separada líneas, puntos, polígonos y anotaciones o todos de una sola vez.



Los temas provenientes de un archivo CAD, generalmente están compuestos por diversas capas de información (Layers): caminos, parcelas, hidrografía, etc. Desde ArcView podemos seleccionar cuáles de esas capas agregar y cuáles no. Para agregarlos es igual que agregar cualquier tema.



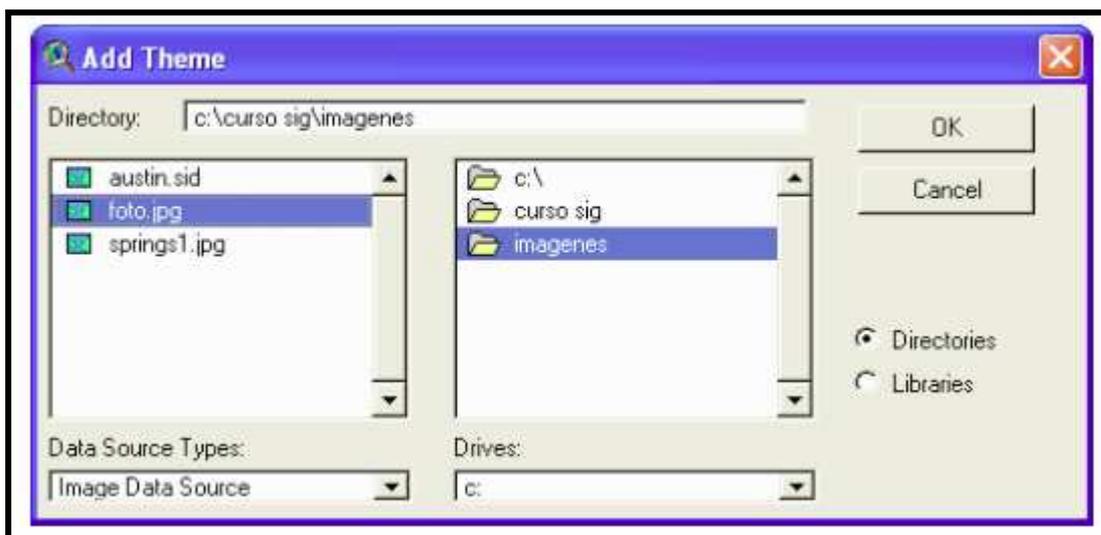
AÑADIR UNA IMAGEN A LA VISTA

Hay proyectos en los que se tiene como parte de la información del Mapa de referencia, información complementaria tipo “Ráster”(jpeg, img, tiff, etc.), proveniente de hojas cartográficas escaneadas y fotografías aéreas. Georeferenciando estas imágenes, son bastante útiles en la conformación del proyecto, como información complementaria que mejora la interpretación del Mapa.

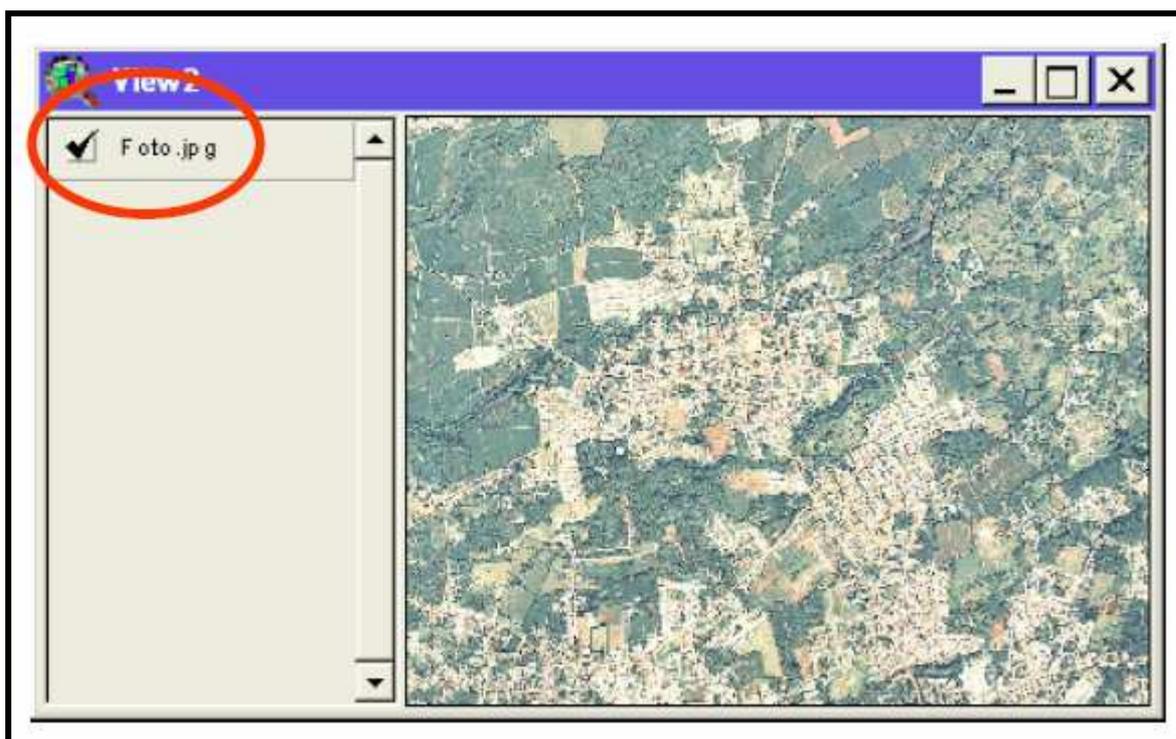
En el menú **File**, pulsar sobre la opción Extensions y cargar las extensiones **IMAGINE Image Support**, **JPEG(JFIF) Image Support** y **TIFF 6.0 Image support**; que permiten la lectura de imágenes en este formato.



Luego pulsar el botón  para añadir la imagen. En el cuadro de diálogo que aparece, elegimos en la lista desplegable llamada **Data Source Type** el tipo de archivo a añadir, que en este caso es diferente al usado para agregar archivos en CAD o Shape y se llama **Image Data Source**. Esto es para diferenciar entre imágenes (ráster) y elementos(CAD, Shape, DGN, DXF).



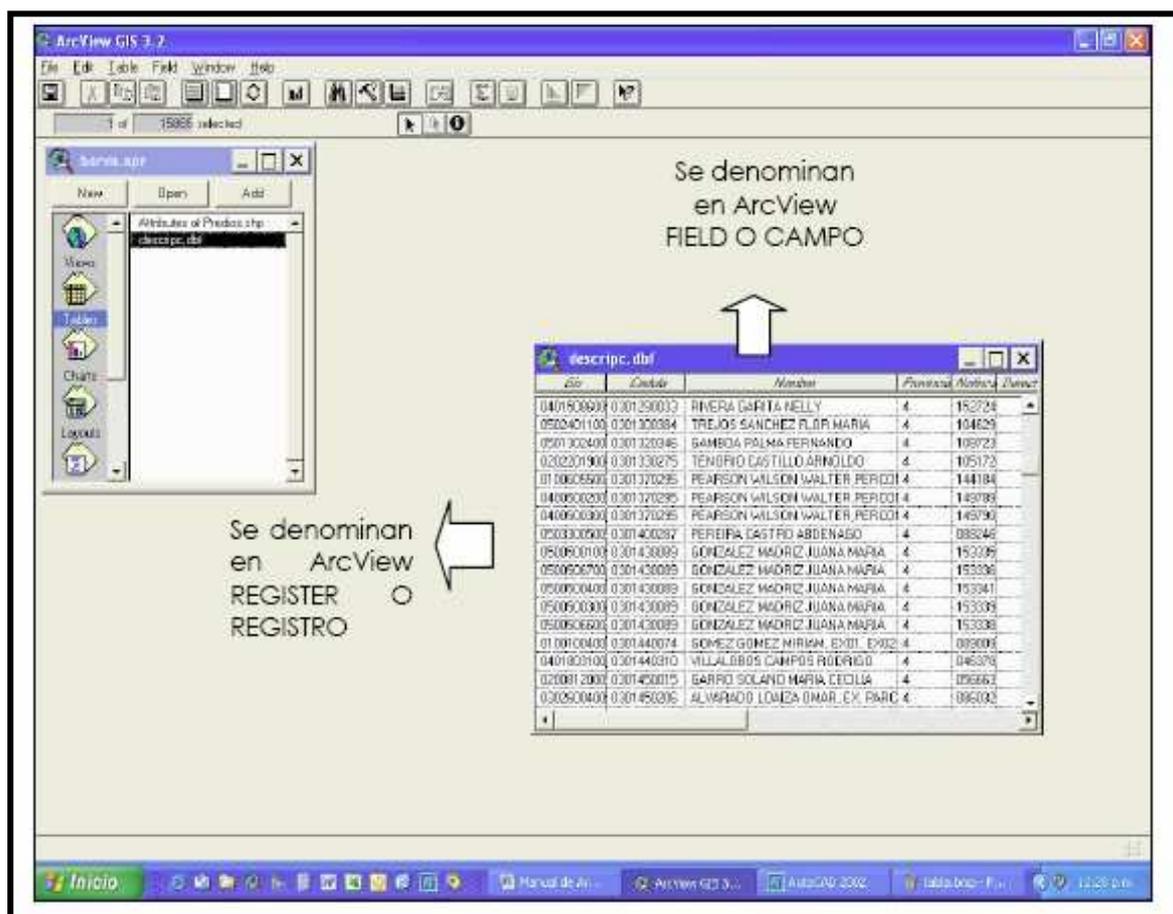
Hacemos visible la imagen pulsando sobre la casilla de verificación que aparece al lado del nombre de la imagen, en la **Tabla de materias** del proyecto.



LAS TABLAS

Contienen la información alfanumérica necesaria para la descripción de los elementos (polígonos, líneas o puntos) que componen los mapas parcelarios, cartografía en general y gráficos. ArcView permite trabajar con tablas con formato dBASE, INFO o Delimited Text.

Las filas representan los elementos u objetos, y las columnas representan las variables o atributos asociadas a cada elemento.



TRABAJAR CON TABLAS O BASES DE DATOS

Tal y como están concebidos los proyectos actuales de cualquier índole, necesariamente se tiene que trabajar con Bases de Datos que contengan la información alfanumérica que se genera en el proyecto. Por este motivo, es necesario conocer un poco de estas tablas o Bases de Datos, y la forma de relacionarlas y manipularlas en ArcView.

Tratándose de tablas, no solo se procesan y usan Bases de Datos, sino que están las tablas de atributos que se generan en forma automática al dibujar o convertir temas.

Podemos hablar de dos tipos de tablas de atributos:

- 1.- Las que son propias de un tema o capa de información y están dentro del mismo archivo o “internas”.
- 2.- Aquellas otras tablas “externas” de datos se pueden agregar a un proyecto de ArcView(tablas del SIM, Bases de Datos, etc.).

TABLA DE ATRIBUTOS DE UN TEMA

Cuando se crea un nuevo tema o se añade al ArcView, sea en formato CAD o en formato Shape, se crea automáticamente una tabla mínima de atributos de ese tema. Cada tema tiene su tabla asociada, con una fila para cada elemento individual que lo compone. Cada elemento tiene un único registro en la tabla de atributos, que describe las características de dicho elemento.

Cada elemento (punto, línea o polígono) de un tema o cobertura tiene un único registro en la tabla de atributos de dicho tema.

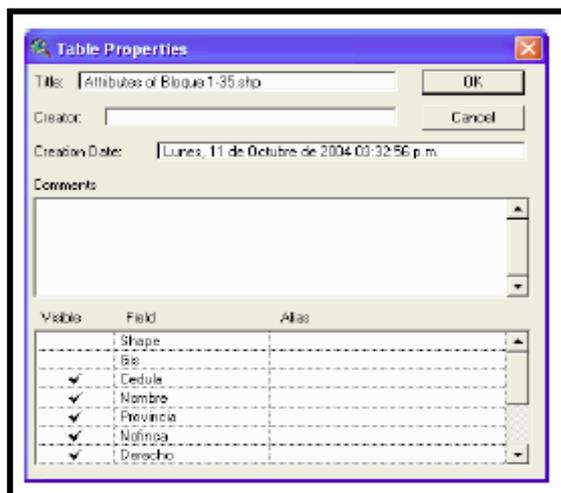
Al pulsar sobre el botón **Tables**, se despliega la tabla de atributos del tema que se tiene activado en ese momento; la tabla de atributos es la que describe para cada elemento gráfico del tema (registro o fila), sus elementos temáticos (campo o columna).

Ejemplo:

| <i>Cedula</i> | <i>Nombre</i> | <i>Area</i> | <i>Notificación</i> | <i>Dere</i> |
|---------------|----------------------------------|-------------|---------------------|-------------|
| 3002045317 | ASOCIACION NACIONAL DE EDUCACION | 4 | 034856 | |
| 3101240045 | MABASA, S.A. HIPO 98 | 4 | 066274 | |
| 0106750096 | AGUILAR MURILLO MARIA DEL ROS | 4 | 134397 | |
| 0105530084 | CUBERO MURILLO GUILLERMO | 4 | 134505 | |
| 3002045321 | CONVENCION IGLESIAS MENONITAS | 4 | 066276 | |
| 0300890715 | QUIROS JIMENEZ DORA | 4 | 115231 | |
| 0400880210 | VARGAS SEGURA RODRIGO EDUARDO | 4 | 080597 | |
| 0401011396 | CORDERO GAMBOA JOSE FERNANDO | 4 | 010200 | |
| 0401220832 | ARGUEDAS MOLINA LUIS RICARDO | 4 | 128750 | |
| 0401320166 | VARGAS CHAVARRIA FREDY EX02 | 4 | 128749 | |
| 0400930326 | SALAS GONZALEZ OLGA VIOLE PER | 4 | 006889 | |
| 0106750096 | AGUILAR MURILLO MARIA DEL ROS | 4 | 134397 | |

Las propiedades de la tabla pueden consultarse en el menú **Tables**, seleccionar **Properties**.

Allí, se puede modificar el nombre de la tabla, colocar comentarios, y seleccionar que campos serán visibles o no. Ejemplo:



EDITAR UNA TABLA E INTRODUCIR DATOS.

Para introducir “datos” en la tabla de un tema, éste debe tener un formato Shape (shp). Una manera fácil de introducir los datos de cada elemento es tecleándolos directamente sobre la tabla en la fila que correspondan.

Hay dos formas de editar la tabla y añadir atributos para nuevos elementos:

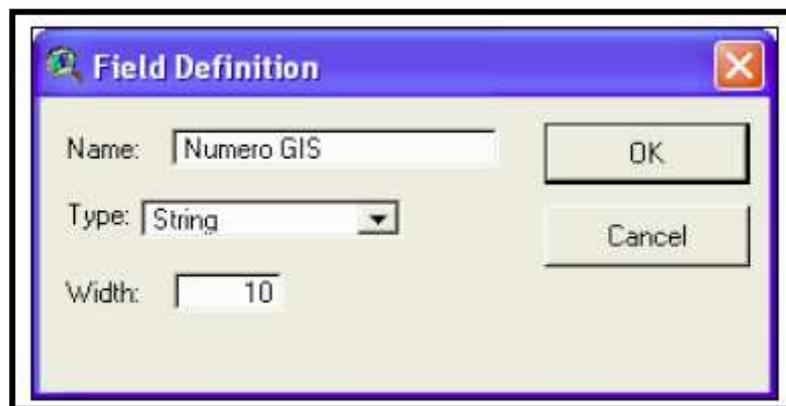
- 1- Una forma es añadir los atributos para un elemento cuando este se dibuja.
- 2- La otra es, dibujar primero todos los elementos y después añadir todos sus atributos a la tabla de atributos del tema. El procedimiento sería el siguiente:



Activamos el botón **Tables** de tema que vamos a modificar.

En el menú **Table**, seleccionamos **Start Editing**.

Añadir un nuevo campo a la tabla. Para ello acudimos a la opción **Add field** del menú **Edit**; se despliega un cuadro de diálogo en el que podemos definir las características del campo.

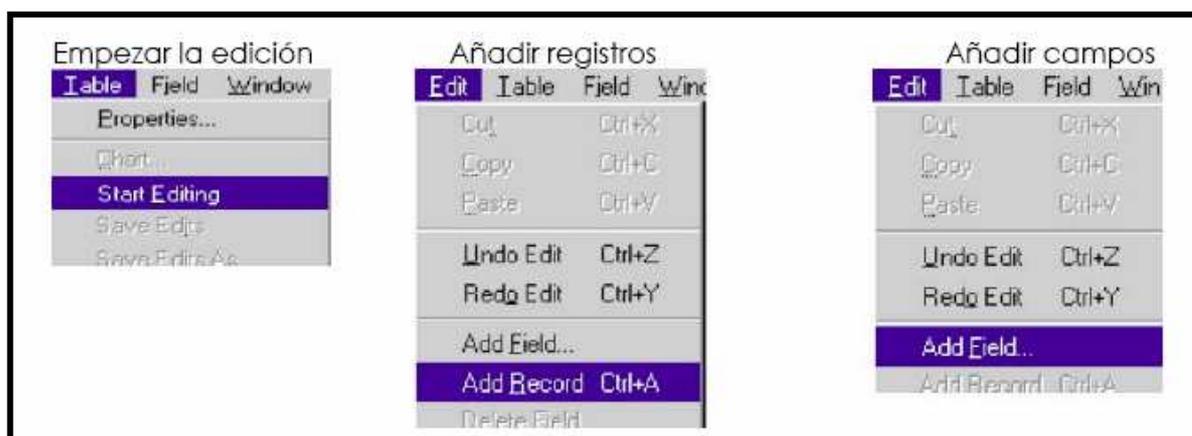


Una vez creado el campo, podemos calcular o introducir los valores que necesitemos.

Pulsar sobre la herramienta **Editar** para comenzar a introducir valores.

Al finalizar de introducir los valores ir a la opción **Stop editing** dentro del menú **Tables** y salvar los datos introducidos.

Para eliminar un campo de la base, lo marcamos y seleccionamos **Delete Field**.



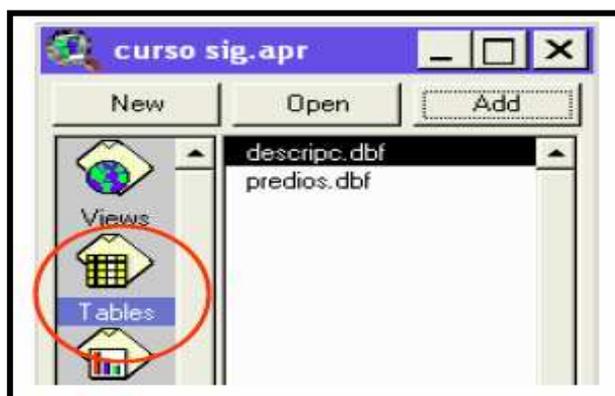
TABLAS DE ATRIBUTOS “EXTERNAS”

Llamamos “tablas externas” a aquellas que no forman parte del archivo del tema.

Estas tablas pueden sumarse a nuestro proyecto, y luego ser relacionadas (mediante un identificador único o llave) con los elementos de un tema

ArcView puede importar tablas de datos con formatos Dbase e INFO.

Desde la Ventana de Proyecto, seleccionar el icono **Tables**.



Seleccionamos el botón *Add*, y buscamos la tabla que se quiere incorporar al proyecto.



También se pueden agregar Bases de Datos externas que estén en formatos tales como Access, DBase y Excel. Esto sería a través de la opción de consultas SQL(*SQL connect*) que posee el ArcView.

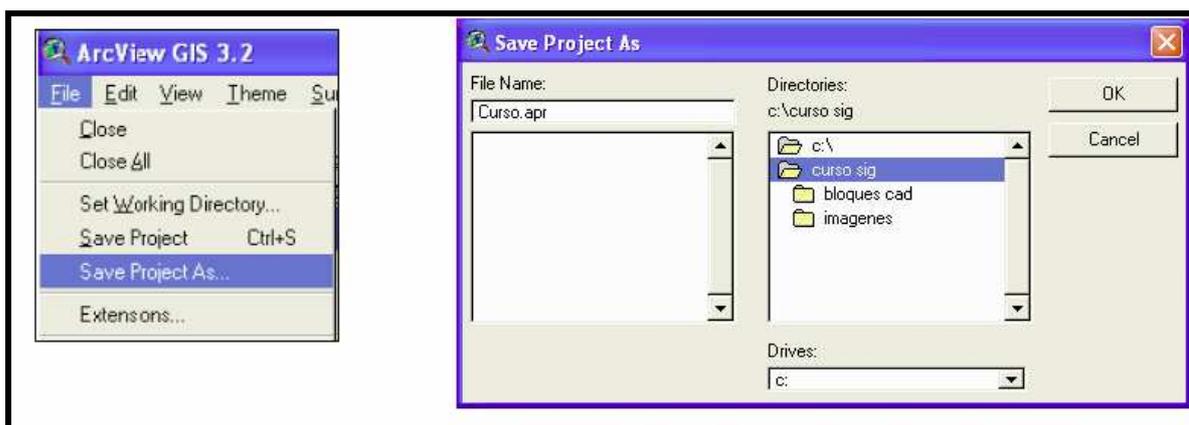
Para este proceso, desde Windows debe configurarse por única vez el acceso a las bases de datos (ODBC), de tal forma que permita la conexión desde ArcView. Una vez realizado esto, se tiene acceso a las tablas que conforman la base de datos (Excel, Access y DBase). De estas bases de datos podemos luego escoger las tablas que se quieren incorporar al proyecto.

SALVAR UN PROYECTO

Cuando se salva el proyecto, todos los documentos (vistas, tablas, gráficos, layouts y scripts) son guardados con él. El archivo de proyecto *.apr se actualiza y almacena la situación actual de los diferentes documentos y elementos de que consta (posiciones de ventanas, zooms, visualizaciones de temas, selección de elementos, color de selección, leyendas y simbología...). Puede recurrirse a “**Save Project As**” (Salvar proyecto como.) para generar un proyecto con nombre distinto.

Recordemos que al salvar un proyecto, solo se guarda la configuración, propiedades, orden, colores y demás detalles, tal y como esta armado el proyecto en el momento de salvarlo. Los archivos no se guardan con el “.apr”, de manera que siempre es recomendable trabajar todos los archivos que conformen el proyecto en una única carpeta, de tal forma que cuando se hagan copias, no se queden archivos perdidos.

Ejemplo:



ANEXO B

ALGORITMO DE CALCULO HIDRAULICO PARA LA RESOLUCION DE REDES DE TUBERIAS EN EL SISTEMA DE EPANET

El método que emplea EPANET para resolver simultáneamente las ecuaciones de continuidad en los nudos y las ecuaciones de comportamiento hidráulico de las tuberías, para un instante dado, puede clasificarse como un método híbrido de nudos y mallas. Que también se puede llamar "Método del Gradiente". A continuación se describe dicho método.

Supongamos que tenemos una red de tuberías con N nudos de caudal y NF nudos de altura dada (tanques y depósitos). La relación entre la pérdida de carga para una tubería que va del nudo i al j , y el caudal de paso puede escribirse como:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2 \quad \text{D.1}$$

donde H = altura piezométrica en el nudo, h = pérdida de carga, r = coeficiente de resistencia, Q = caudal, n = exponente del caudal, y m = coeficiente de pérdidas menores. El valor del coeficiente de resistencia depende de la fórmula utilizada para el cálculo de las pérdidas. Para las bombas, la pérdida (esto es, la altura de la bomba cambiada de signo), puede representarse mediante una fórmula potencial del tipo:

$$h_{ij} = -\omega^2 (h_0 - r (Q_{ij} / \omega)^n)$$

donde h_0 es la altura a caudal nulo, ω es la velocidad relativa de giro, y r y n son coeficientes de la curva de la bomba.

El segundo sistema de ecuaciones a cumplir está configurado por la condición de equilibrio para los caudales en todos los nudos:

$$\sum_j Q_{ij} - D_i = 0 \quad \text{para } i = 1, \dots, N. \quad \text{D.2}$$

donde D_i es el caudal de demanda en el nudo i , el cual por convención se toma como positivo cuando entra al nudo. Dados los valores de las alturas en los nudos de altura prefijada, se trata de encontrar una solución para las alturas H_j en los restantes nudos, y para los caudales Q_{ij} de todas las líneas, que satisfagan las ecuaciones (D.1) y (D.2).

El método de resolución del Gradiente comienza haciendo una estimación inicial del caudal por cada tubería, sin necesidad de cumplir la ecuación de continuidad. En cada

iteración del método, se obtienen las alturas piezométricas en los nudos resolviendo el sistema de ecuaciones:

$$\mathbf{AH} = \mathbf{F}$$

D.3

donde \mathbf{A} = matriz Jacobiana ($N \times N$), \mathbf{H} = vector de incógnitas nodales ($N \times 1$), y \mathbf{F} = vector de términos independientes ($N \times 1$). Los elementos de la diagonal principal de la matriz jacobiana vienen dados por:

$$A_{ii} = \sum_j P_{ij}$$

y los elementos no nulos fuera de la diagonal principal, por:

$$A_{ij} = -P_{ij}$$

donde P_{ij} es la inversa de la derivada respecto al caudal, de la pérdida de carga en la línea que va del nudo i al j . Su expresión para las tuberías es:

$$P_{ij} = \frac{1}{nr|Q_{ij}|^{n-1} + 2m|Q_{ij}|}$$

y para las bombas:

$$P_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r(Q_{ij}/\omega)^{n-1}}$$

Los términos independientes están constituidos por el caudal residual no equilibrado en el nudo, más un factor de corrección dado por:

$$F_i = \left(\sum_j Q_{ij} - D_i \right) + \sum_j y_{ij} + \sum_f P_{if} H_f$$

donde el último término está presente sólo para las tuberías que conectan el nudo i con un nudo de altura conocida f ; por su parte, el factor de corrección del caudal y_{ij} tiene por expresión:

$$y_{ij} = P_{ij} \left(r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij})$$

para las tuberías, donde $\text{sgn}(x)$ es 1 si $x > 0$ y -1 en otro caso, e:

$$y_{ij} = -p_{ij} \omega^2 (h_0 - r(Q_{ij} / \omega)^n)$$

para las bombas (Q_{ij} es siempre positivo en este caso).

Una vez calculadas las nuevas alturas resolviendo las ecuaciones (D.3), los nuevos caudales se obtienen mediante:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij} (H_i - H_j)) \quad \text{D.4}$$

Si la suma, extendida a todas las líneas, del valor absoluto de la variación del caudal respecto al caudal total de cada línea es mayor que una cierta tolerancia (p. ej. 0.001), las ecuaciones (D.3) y (D.4) se resuelven de nuevo. Obsérvese que la fórmula de actualización (D.4) conduce al equilibrio de caudales en los nudos, tras la primera iteración.

Entonces por consiguiente, EPANET implementa este método realizando los siguientes pasos:

a).- El sistema de ecuaciones lineales (D.3) se resuelve utilizando un método de matrices vacías, basado en la reordenación de los nudos. Una vez los nudos reordenados al objeto de minimizar el número de coeficientes de relleno en la matriz A, se realiza una factorización simbólica, de modo que sólo los elementos no nulos de A se almacenan en memoria para operar con ellos. A lo largo de una simulación en periodo extendido, la reordenación y factorización de la matriz se efectúa una sola vez, al comienzo del análisis.

b).- Para la primera iteración del primer instante de simulación, los caudales en las tuberías se determinan con la condición de que la velocidad de circulación sea de 1 pie/seg. Por su parte, el caudal en las bombas se hace igual al caudal de diseño de la bomba (internamente todos los cálculos se realizan con las alturas en pies y los caudales en pies³/seg - cfs).

c).- El coeficiente de resistencia de una tubería (r) se calcula según las fórmulas de la tabla que a continuación se muestra:

| Formula | Coefficiente de Resistencia (A) | Exponente de Caudal (B) |
|----------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Hazen-Williams | $4.727 C^{-1.852} d^{-4.871} L$ | 1.852 |
| Darcy-Weisbach | $0.0252 f(\epsilon, d, q) d^{-5} L$ | 2 |
| Chezy-Manning | $4.66 n^2 d^{-5.33} L$ | 2 |

Notas: C = coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ϵ = coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (ft)
f = factor de fricción (depende de ϵ , d, y q)
n = coeficiente de rugosidad de Manning
d = diámetro de la tubería (ft)
L = longitud de la tubería (ft)
q = caudal (cfs)

En el caso de la ecuación de pérdidas de Darcy-Weisbach, el factor de fricción f se calcula mediante diferentes ecuaciones, dependiendo del Número de Reynolds (Re) del flujo:

Para $Re < 2000$ se emplea la fórmula de Hagen – Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re}$$

Para $Re > 4000$ se emplea la aproximación de Swamee y Jain a la ecuación de Colebrook - White:

$$f = \frac{0.25}{\left[\ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Para $2000 < Re < 4000$ se emplea una interpolación cúbica al Diagrama de Moody, como sigue:

$$f = (X1 + R(X2 + R(X3 + X4)))$$

$$R = \frac{Re}{2000}$$

$$X1 = 7FA - FB$$

$$X2 = 0.128 - 17FA + 2.5FB$$

$$X3 = -0.128 + 13FA - 2FB$$

$$X4 = R(0.032 - 3FA + 0.5FB)$$

$$FA = (Y3)^{-2}$$

$$FB = FA \left(2 - \frac{0.00514215}{(Y2)(Y3)} \right)$$

$$Y2 = \frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}$$

$$Y3 = -0.86859 \ln \left(\frac{\epsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{4000^{0.9}} \right)$$

donde ϵ = rugosidad de la tubería, y d = diámetro de la tubería.

d).- El coeficiente de pérdidas menores K , referido a la altura de velocidad, se transforma en el factor equivalente m que multiplica al cuadrado del caudal, mediante la siguiente relación:

$$m = \frac{0.02517K}{d^4}$$

e).-Los emisores aplicados en los nudos se modelan como una tubería ficticia entre el nudo y un embalse ficticio. Los parámetros de la tubería ficticia son:

$$n = (1/\gamma), r = (1/C)^n, \text{ y } m = 0$$

donde C es el coeficiente de descarga del emisor, y γ el exponente de la presión. La altura del embalse ficticio es la propia cota del nudo. El caudal de paso calculado por la tubería ficticia se interpreta como el caudal descargado por el emisor.

f).-A las válvulas abiertas se les asigna un valor del coeficiente r calculado bajo el supuesto de que la válvula actúa como una tubería lisa ($f = 0,02$), cuya longitud es dos veces el diámetro de la válvula. Las líneas cerradas se supone que obedecen a una relación de pérdidas lineal con un factor de resistencia muy grande, p. ej. $h = 108 Q$, con lo que $p = 10^{-8}$ e $y = Q$. Para las líneas en las cuales $(r+m)Q < 10^{-7}$, se tiene $p = 10^7$ e $y = Q/n$.

g).-En cada instante de cálculo se comprueba, tras cada iteración hasta la décima, el estado de las bombas, válvulas de retención, válvulas de control del caudal y tuberías que conectan con depósitos llenos o vacíos. Después de la décima iteración, el estado de estos componentes se vuelve a comprobar de nuevo una vez obtenida la convergencia, excepto para las válvulas de control de la presión (Reductoras y Sostenedoras, ó VRP y VSP), cuyo estado se comprueba en todas las iteraciones.

h).-Durante la comprobación del estado de los diferentes componentes, las bombas se paran si la altura requerida es superior a su altura a caudal cero (para impedir el flujo inverso). Análogamente, las válvulas de retención (VR) se cierran si la pérdida de carga resultante es negativa. Si más adelante dejan de darse estas circunstancias, dichos elementos vuelven a reactivarse. De forma similar se comprueba el estado de las líneas que conectan con depósitos que poseen limitaciones de nivel. Dichas líneas se cierran si la diferencia de alturas inducen al vaciado de un depósito que está a su nivel mínimo, o al llenado de un depósito que está a su nivel máximo; y se abren de nuevo al dejar de darse estas circunstancias.

En forma general, estos pasos descritos aquí, son los que Epanet utiliza para la solución hidráulica de sus sistemas a resolver dados.

ANEXO C

DATOS DE INSPECCION PARA LA RED DE AGUA POTABLE

| clave | long_real | diam_tubo | mat_tipo | prof_tubo | marca_desc | clase_ced | est_fis_tubo | fe_inst_tubo | plano_ady |
|-------|-----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|--------------|--------------|-----------|
| P2 | 119.4 | 62.5 | | | | | | | |
| P3 | 119.4 | 62.5 | | | | | | | |
| P4 | 83.32 | 1.5 | | | | | | | |
| P5 | 47.71 | 0.75 | | | | | | | |
| P6 | 43.68 | 2 | | | | | | | |
| P7 | 43.73 | 2 | | | | | | | |
| P10 | 79 | 62.5 | | | | | | | |
| P11 | 1.34 | 62.5 | | | | | | | |
| P12 | 1.35 | 62.5 | | | | | | | |
| P13 | 47.46 | 50 | | | | | | | |
| P14 | 42.05 | 100 | | | | | | | |
| P25 | 113.73 | 62.5 | | | | | | | |
| P26 | 154 | 62.5 | | | | | | | |
| P29 | 104 | 62.5 | | | | | | | |
| P30 | 35.37 | 200 | | | | | | | |
| P31 | 44 | 100 | | | | | | | |
| P32 | 113 | 62.5 | | | | | | | |
| 2 | 30 | 200 | | | | | | | |
| 9 | 56 | 62.5 | | | | | | | |
| P9 | 160 | 62.5 | | | | | | | |
| P28 | 158 | 62.5 | | | | | | | |
| P27 | 156 | 62.5 | | | | | | | |
| P8 | 97.42 | 62.5 | | | | | | | |
| P1 | 184.86 | 62.5 | | | | | | | |
| P22 | 73.45 | 75 | | | | | | | |
| P21 | 72.25 | 75 | | | | | | | |

ANEXO D

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PROGRAMAS COMERCIALES PARA EL DISEÑO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN.

La red de distribución está constituida por una gran variedad de elementos, pero sin duda ninguna, las tuberías son el componente principal. Desde la perspectiva económica, podemos afirmar que en redes de cierto tamaño, la suma de las partidas que dependen de las tuberías seleccionadas (no sólo las propias tuberías) conforma la parte más importante de la inversión en una red de distribución.

El problema del diseño de una red de conductos es conceptualmente distinto al problema de análisis, puesto que la finalidad es obtener la configuración del sistema de conducciones y sus dimensiones para conseguir un estado hidráulico determinado.

Los modelos utilizados en el diseño pueden ser muy variados, dependiendo de la función a la que se oriente.

En este apartado se pretende describir de manera sencilla algunos de los programas comercialmente utilizados para el cálculo de redes de distribución para el abastecimiento de agua potable.

KYPIPE 2000

Está diseñado para hacer cálculos estáticos, en los que se supone que las condiciones de consumo de caudal y niveles en los tanques permanecen constantes en el tiempo, como para periodos de tiempo extendidos de sistemas de redes hidráulicas. Se puede utilizar para resolver problemas de calibración, diseño y operación. También puede determinar las presiones y los caudales en puntos determinados de la red para diferentes configuraciones del sistema o diferentes condiciones de operación. Este software tiene funciones que permiten modelar diversos componentes hidráulicos de un sistema de abastecimiento de agua, tales como bombas de velocidad fija o variable, tanques y embalses, válvulas reductoras y sostenedoras.

El análisis de la red se hace bajo la teoría lineal, los resultados obtenidos son bastantes confiables y requieren tiempos de computo relativamente cortos. Este programa posibilita la interacción de toda información y de los cálculos realizados, permitiendo una buena cantidad y variación de los análisis. Los cálculos hidráulicos los realiza utilizando las ecuaciones de Hazen-Williams para el cálculo de las pérdidas de carga de

fricción, aunque es posible incorporar la metodología de Darcy-Weisbach junto con las ecuaciones de Colebrook-White.

Entre sus ventajas podemos mencionar que tiene buena confiabilidad de resultados, además de tener una alta capacidad de modelación y análisis.

Resumen:

Permite: análisis hidráulico y calidad de agua, simulación extendida.

Ecuaciones de análisis: Hazen-Williams, Darcy-Weisbach

Metodología de solución: método de la teoría lineal.

CYBERNET

Más que una aplicación, es un modulo adicional para autoCAD, fue desarrollado por Haestad Methods, de los Estados Unidos. Una ventaja muy importante, es que conserva todas las capacidades de dibujo y representación tanto en dos como tres dimensiones, de visualización y modificación con las que cuenta el programa autoCAD. Así, para generar la red de distribución de agua, el usuario emplea este ambiente; además de utilizar datos como la topografía, la topología de la red y los puntos de entrada y salida de caudales. Como la interfaz es la misma que autoCAD, a partir de esta se convierten en líneas y polylines en las tuberías que conforman la red. La utilidad denominada SmartSnap, conecta de manera lógica e inteligente los tramos de la red, que garantizan la adecuada topología de ésta, durante los cálculos hidráulicos. La solución matemática se lleva a cabo en un código anexo programado en Autolisp, el código que se utiliza en autoCAD.

Permite realizar sencillos análisis del comportamiento de las presiones y los caudales a lo largo de la red. Para la entrada de los datos que describen la red y los caudales de consumo y para la edición y corrección de diseño, CYBERNET cuenta con un centro de control de modelación (Modeling Control center). Este consiste en una serie de tablas con toda la información relevante que puede ser consultada y modificada por el usuario. Los resultados se despliegan o se pueden hacer a través de tablas en el centro de control de modelación en archivos de salida de tipo texto para ser importados por bases de datos y hojas de calculo o gráficamente aprovechando todas las capacidades de Autocad.

Resumen:

Permite: Análisis hidráulico

Ecuaciones de análisis: Hazen Williams

Metodología de solución: Teoría lineal

WATERCAD

Es un programa bastante poderoso y fácil de usar que permite hacer tanto el análisis, como el diseño de redes de distribución de agua potable, incluyendo la simulación hidráulica, calibración y el diseño optimizado de las redes. Este software es propiedad de Haestad Methods, de los Estados Unidos.

Dentro de las capacidades de análisis del programa se encuentran las siguientes. Las simulaciones hidráulicas se pueden realizar en estado estable, análisis bajo condiciones de flujo uniforme permanente” o bajo las condiciones de periodos extendidos. Se pueden hacer estudios de sustancias conservativas y no conservativas, tales como el cloro y otros productos químicos, analizando el aumento o decaimiento de dichas sustancias. También es posible determinarlos tiempos de retención y las edades del agua en cada uno de los puntos de la red de distribución e identificar las procedencias del agua desde cada una de las fuentes para cada uno de los nodos de la red, es decir, en cada uno de los nodos de consumo se puede saber qué porcentaje del agua en él circulante viene de cada una de las fuentes del sistema de abastecimiento.

El programa permite modelar varios de los componentes hidráulicos típicos de redes de distribución, tales como válvulas reguladoras, estaciones de bombeo y controles automatizados sensibles a la presión o al caudal. Es posible manejar y simular diferentes escenarios a fin de evaluar el comportamiento del sistema de distribución que se esté diseñando frente a demandas diferentes a las escogidas inicialmente, a calidades de agua variables y a condiciones de emergencia tales como incendios o racionamientos.

Es posible calcular las pérdidas por fricción mediante las dos principales metodologías de hidráulica de tuberías. El cálculo hidráulico se lleva a cabo por medio de Hazen-Williams, y Darcy-Weisbach, junto con la ecuación de Colebrook-White. Así mismo, también puede utilizar la ecuación de Manning.

El software Watercad, es quizás el más amigable y fácil de usar de los paquetes comerciales de este tipo. Es distinguible por su alta calidad de la interfaz grafica de usuario, la cual permite realizar de manera sencilla la entrada de datos, los cambios en la red y la visualización de los resultados. Además permite importar planos base del tipo

DXF, que pueden ser utilizados de fondo para el trazado de la red. Una vez que se realiza la simulación del comportamiento de la red, el programa Watercad ofrece la posibilidad de visualizar por pantalla, con una alta calidad gráfica, los resultados obtenidos, siendo posible entre otras cosas generar códigos de colores para el análisis de resultados y mapas de superficie y de contorno para todas las variables de interés. Los resultados arrojados por el software pueden ser llevados fácilmente a múltiples bases de datos y hojas de cálculo, entre ellas: dBase, Paradox, Fox Pro, Excel, ODBC, etcétera. Es posible también interactuar con sistemas de información geográfica para un análisis mas completo.

Resumen:

Permite: análisis hidráulico, calidad del agua

Ecuaciones de análisis: Hazen-Williams, Darcy-Weisbach

Metodología de solución: teoría lineal

STANET

STANET es una aplicación integrada para el análisis de redes de distribución, se usa para calcular fluidos y gases (incluido el vapor) en tuberías. Su uso mas típico es para agua y también para algún otro tipo de fluido, como gases o aire a presión en redes de distribución.

Además del cálculos, graficas de entrada y de salida, una base de datos es incluida en el archivo. En su pantalla pueden exhibirse mapas, además de la red. También STANET puede ser usado como un sistema de información de la red, ya que guarda los archivos que posteriormente pueden ser extendidos y actualizados por el usuario, así como pueden intercambiarse con otras aplicaciones.

El programa lleva a cabo el cálculo de simulación estacionaria de redes de distribución (agua, gas, electricidad, vapor, aceite).

STANET permite la creación simple y la modificación de redes de una manera flexible para diseñar y editar tuberías tanto en el análisis y la simulación.

Colorea las tuberías dependiendo de la presión, el sentido del flujo, a que trabajen, etc.

Las redes pueden exportarse o importarse hacia Autocad, MapInfo, Arc View, SICASD y otros programas.

Resumen:

Permite: análisis hidráulico
 Ecuaciones de análisis: Darcy-Weisbach, Prantl-Colebrook, Nikuradse
 Metodología de solución: teoría lineal

NEPLAN (modulo agua)

NEPLAN es una herramienta de análisis de redes de agua y el flujo de gases.

El software NEPLAN es usado para planificación, optimización y gestión tanto de redes de distribución de agua, como para flujo de gases. Cualquier número deseado de nodos y tubos puede ser rápido e interactivamente ingresado, computado y calculado.

NEPLAN constantemente está siendo actualizado, sin perder la retroalimentación empírica entre usuarios satisfechos y las personas de desarrollo . El concepto modular de NEPLAN quiere decir que los planificadores de la red pueden poner un sistema de planificación específicamente adaptado a sus propias necesidades individuales.

Características generales

Tiene un algoritmo para cálculo potente o grande, incluye los métodos de Newton - Raphson y Hardy – Cross.

Simulación de cualquier clase y tamaño de redes de distribución, cálculo simultáneo de cualquier número de redes múltiples y parciales, cambia las demandas completamente, tanto mundial, como regional o la simultaneidad, cálculo de bombas múltiples, tanques y reservas, cálculo con temperaturas diferentes en el agua, Las características de pérdida de presión en los tubos son calculadas de acuerdo con Darcy, Prandtl - Colebrook y Hagen - Poiseuille

Perfiles para las reservas (llenado y vaciado) y demandas de nodo.

Resumen:

Permite: análisis hidráulico
 Ecuaciones de análisis: Darcy, Prandtl - Colebrook y Hagen - Poiseuille
 Metodología de solución: Newton - Raphson y Hardy – Cross.

SARA

Este software fue desarrollado por el grupo multidisciplinar de modelación de fluidos de la Universidad Politécnica de Valencia, es una herramienta de cálculo, con interfase gráfica bajo el entorno Windows®, para el análisis y cálculo de redes hidráulicas a presión y específicamente redes de distribución de agua.

A partir del trazado de la red y sus características es posible determinar los caudales circulantes por la red y las presiones en los nudos de la misma. Es un programa de sumo interés para las siguientes aplicaciones:

Análisis estático y simulación en periodo extendido de redes de distribución de agua potable, verificación de funcionamiento de redes de abastecimiento, de riego, residenciales y en general cualquier sistema de distribución de agua a presión, como herramienta de apoyo para el diseño de redes malladas, o para el dimensionado de la misma, o bien para la verificación de la solución final obtenida.

Se utiliza también como herramienta para la inclusión de elementos tales como fugas, roturas, descargas a la atmósfera en una red de distribución de agua. Dichas descargas no dependen directamente de la presión existente en la conducción, además de ser una poderosa herramienta para el análisis y diseño de redes de protección contra incendios (hidrantes, rociadores, bocas de incendio equipadas). Y en la confección y calibración de modelos matemáticos de redes de distribución.

En términos generales las características principales de este programa, es que analiza las redes hidráulicas a presión, tanto en régimen estacionario, como en dinámico; además de tener una interfase gráfica de usuario, puede intercambiar información con autoCAD y ms access. Los modelos de redes hidráulicas que se desarrollan en este ambiente, han sido mejorados con respecto a los que se desarrollan con el programa Epanet. Permite la simulación hidráulica de la red de distribución, tanto dinámica como por escenarios, además de poder llevar a cabo soluciones de calidad del agua, de operación, regulación y modificaciones de la red. Cabe recalcar que es compatible con el programa Epanet en español.

GISRED

Este software fue elaborado por el grupo REDHISP, del departamento de Ingeniería Hidráulica de la Universidad Politécnica de Valencia.

Es una extensión de ESRI's Arc View GIS, creado con el propósito de simplificar los cálculos hidráulicos por medio de la integración GIS y de un software de modelación en hidráulica, y por esta razón, uno de los servicios que presta es el de calibración y de manejo de información.

El programa funciona basado en una red creada por el usuario ya sea nueva o existente en un archivo CAD, un shapefile o uno importado desde Epanet. Una de las ventajas de usarlo es que tiene la capacidad de unir dos herramientas importantes, como lo son los sistemas de información geográfica GIS y la simulación y optimización hidráulica, y por tanto, éste se puede usar cuando se quiera modelar o tomar decisiones sobre una red determinada.

En cuanto al análisis hidráulico de la red, esta se hace mediante las ecuaciones de Hazen-Williams, Darcy-Weisbach o Chezy-Manning, con el fin de calcular las pérdidas de carga por fricción, como lo hace Epanet. Pero, si se usa el módulo de calibración, que utiliza algoritmos genéticos, utilizara las funciones originales del GIS.

El software tiene la capacidad de simular tuberías, bombas de velocidad fija y variable, diferentes tipos de válvulas, tanques de altura piezométricas constantes o variables, etcétera. Además que permite la simulación extendida, también, realiza simulaciones de calidad del agua y por supuesto el análisis hidráulico, utilizando la metodología del gradiente.

Una vez que GISRED termina la modelación, los resultados se pueden visualizar a través de graficas y tablas, que podemos exportar a un formato diferente.

REDES

Este software fue desarrollado en el centro de investigaciones en Acueductos y Alcantarillado del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad de los Andes en Bogotá. Está basado en criterios de optimización de diversos autores en investigaciones de universidades, tanto de Estados Unidos como de Europa.

El programa utiliza dos ecuaciones de fricción, la ecuación de Darcy-Weisbach en conjunto con la ecuación de Colebrook-White, y la ecuación de Hazen-Williams.

El método de cálculo utilizado es el del gradiente; la interfaz gráfica del software, consiste en un mapa de la red en el cual es posible visualizar los valores diferentes variables de los elementos, además todos estos elementos pueden agregarse y editarse por, medio de la interfaz gráfica.

El programa ofrece múltiples opciones de cálculo al usuario, entre éstas se encuentra el cálculo hidráulico estático, cálculo hidráulico en periodo extendido, cálculo de la calidad del agua, diseño de la red con métodos modernos (utiliza cuatro metodologías diferentes, algoritmos genéticos, superficie óptima de presiones, programación por restricciones y algoritmos de optimización combinatoria), calibración de la red, y lo más resaltante, es el costo de la misma.

MIKE NET

Mike Net es el paquete de modelado de distribución de agua más avanzado disponible hoy en día. Puede analizar un sistema entero de distribución de agua, o por partes, bajo condiciones estáticas, o por períodos prolongados, así como también analiza la calidad del agua. Todo en un ambiente de modelado gráfico completo que considera las tuberías, sus tamaños, velocidades de circulación, las pérdidas de presión, las presiones de los nodos, las demandas de los nodos, elevaciones, el tiempo de permanencia del agua en la red, las concentraciones de la calidad de agua, etcétera.

Los modelos de redes pueden ser ingresados fácilmente, o bien pueden construirse por medio de sus herramientas, que son iconos como tuberías, bombas, nodos, reservorios, etc.

Las capacidades gráficas del software son ilimitadas, y pueden ser animadas en periodos extendidos o estáticos, además puede interactuar con software como mapinfo, arcview, arcinfo, permitiendo ser parte del sistema de información. Usa como base de datos a Microsoft Access para manipular y guardar sus datos.

Usa el modelo genético de calibración y optimización, etc

| | |
|-------------------------|--|
| Permite: | análisis hidráulico de un sistema entero, calidad del agua |
| Ecuaciones de análisis: | Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, Chezy-Manning |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------------|--|---|--|--|--|--|--|--|-----|-----|-----|--|--|--|
| Reporte de la condicion de la caja: | | Fecha en que se realiza la inspeccion | | | | | | | | | | | | | |
| | | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 8px;">dia</td> <td style="text-align: center; font-size: 8px;">mes</td> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: 8px;">año</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> | | | | | | | | dia | mes | año | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| dia | mes | año | | | | | | | | | | | | | |
| Tapa | | | | | | | | | | | | | | | |
| Material | <input type="checkbox"/> | Concreto | Fierro fundido Otro | | | | | | | | | | | | |
| Si el material es otro | Medidas | _____x_____ centimetros_____ | | | | | | | | | | | | | |
| Condicion | <input type="checkbox"/> | Entera | Agrietada Rota Sin tapa | | | | | | | | | | | | |
| Trabajos requeridos | <input type="checkbox"/> | Reemplazar | reNivelar Desasfaltar Apertura ninGuno | | | | | | | | | | | | |

| | | | |
|---|--------------------------|---------|---|
| Estructura | | | |
| Presencia de gas | <input type="checkbox"/> | Alta | Baja Nula |
| Presencia de basura | <input type="checkbox"/> | Alta | Baja Nula |
| Condicion de estructura | <input type="checkbox"/> | Buena | Deteriorada Mala Fuera de servicio |
| Fuga en las piezas especiales, valvulas o tubos | <input type="checkbox"/> | Nulas | Goteo Fuerte |
| Trabajos requeridos | <input type="checkbox"/> | Achicar | Desazolvar Retirar basura Obra civil ninGuno |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|-----|--|--|--|--|-----|-----|-----|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|----------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Nivelacion del brocal: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fecha en que se realiza la nivelacion | Elevacion del brocal | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; font-size: 8px;">dia</td> <td style="text-align: center; font-size: 8px;">mes</td> <td colspan="2" style="text-align: center; font-size: 8px;">año</td> <td colspan="2"></td> </tr> </table> | | | | | | | dia | mes | año | | | | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| dia | mes | año | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bancos de nivel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Referencia | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; font-size: 8px;">oficial</td> <td colspan="5"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | oficial | | | | | | | | | | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center; font-size: 8px;">auxiliar</td> <td colspan="5"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | auxiliar | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| oficial | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| auxiliar | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elevacion | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | <table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> </table> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ubicación: _____ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Simbologia | | | |
|------------|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

| Personal que elaboro los trabajos: | | | |
|---|---------------------|-------------|-------|
| Actividad | Clave de la brigada | Responsable | Firma |
| Referenciacion | | | |
| Nivelacion | | | |
| | | | |

| | | | |
|--|--------------------------|--|------------------------------|
| Reporte de la condicion de la caja: | | Fecha en que se realiza la inspeccion | |
| | | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dia mes año | |
| Tapa | | | |
| Material | <input type="checkbox"/> | Concreto | Fierro fundido Otro |
| Si el material es otro | Medidas | _____ x _____ centimetros _____ | |
| Condicion | <input type="checkbox"/> | Entera | Agrietada Rota Sin tapa |
| Trabajos requeridos | <input type="checkbox"/> | Reemplazar reNivelar | Desasfaltar Apertura ninGuno |

| | | | | | | | |
|---|--------------------------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------------|---------|------|
| Estructura | | Presencia de gas | | <input type="checkbox"/> | Alta | Baja | Nula |
| Presencia de basura | | <input type="checkbox"/> | Alta | Baja | Nula | | |
| Condicion de estructura | <input type="checkbox"/> | Observaciones Buena | Deteriorada | Mala | Fuera de servicio | | |
| Fuga en las piezas especiales, valvulas o tubos | <input type="checkbox"/> | Nulas | Goteo | Fuerte | | | |
| Trabajos requeridos | <input type="checkbox"/> | Achicar | Desazolvar | Retirar basura | Obra civil | ninGuno | |

| | | | |
|-------------------------------|----------------------|--|----------------------|
| Nivelacion de la caja: | | Fecha en que se realiza la nivelacion | |
| | | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> dia mes año | |
| | | Elevacion de la Tapa | |
| | | <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> <input type="text"/> | |
| Bancos de nivel | | | |
| | | oficial | auxiliar |
| Referencia | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |
| Elevacion | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

| | |
|------------------|------|
| Observaciones | |
| Clave de Brigada | Nota |
| | |
| | |

| Simbologia | | | | Nomenclatura de material |
|---------------------------|----------------------------|---------------|---------|--------------------------|
| Valvula de compuerta | Valvula check | Reduccion | Cruz | AC asbesto cemento |
| Valvula de desfogue | Desfogue de alcantarillado | | Carrete | CR concreto reforzado |
| Valvula expulsora de aire | By pass | Extremidad | Tee | FoFo fierro fundido |
| Valvula de mariposa | Tapa ciega | Junta Gibault | Codo | Fo Go fierro galvanizado |

| Personal que elaboro los trabajos: | | | |
|---|---------------------|-------------|-------|
| Actividad | Clave de la brigada | Responsable | Firma |
| Referenciacion | | | |
| | | | |
| Nivelacion | | | |
| | | | |

INDICE DE TABLAS **PAG.**

| | | |
|------------------|--|------------|
| TABLA 2.1 | FACTORES HORARIOS DE 1 A 24 HORAS EN (%). | 115 |
| TABLA 2.2 | DOTACIONES DE PROYECTO. | 142 |
| TABLA 2.3 | RESUMEN DE DATOS DE PROYECTO. | 144 |

INDICE DE PLANOS

| | | |
|----------------|----------------------------------|------------|
| PLANO-1 | RED DE AGUA POTABLE. | 151 |
| PLANO-2 | RED DE DRENAJE SANITARIO. | 152 |
| PLANO-3 | RED DE DRANJE PLUVIAL. | 153 |

INDICE DE FIGURAS

| CAPITULO 2 | PAG. |
|---|------|
| Figura 2.1 METODOLOGÍA EMPLEADA | 6 |
| Figura 2.2 DIVERSAS OBRAS DE TOMA. | 13 |
| Figura 2.3 ESTRUCTURA DE UN SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE. | 14 |
| Figura 2.4 ESTRUCTURA PARA RECOLECCIÓN DE AGUA DE LLUVIA. | 17 |
| Figura 2.5 DISPOSITIVO TECHO-CUENCA | 18 |
| Figura 2.6 OBRAS DE TOMA DIRECTA SUPERFICIALES. | |
| CASO a) | 20 |
| CASO b) | 21 |
| CASO c) | 21 |
| CASO d) | 22 |
| CASO e) | 22 |
| CASO f) | 22 |
| CASO g) | 23 |
| CASO h) | 23 |
| Figura 2.7 OBRA DE TOMA SUBSUPERFICIAL. | |
| a) POZO EXCAVADO. | 26 |
| b) POZO CON ADEME DE MAMPOSTERIA | 26 |
| c) POZOS SOMEROS. | 27 |
| d) GALERIAS FILTRANTES. | 27 |
| e) POZO RADIAL O RANNEY. | 28 |
| f) SISTEMA DE PUYONES. | 28 |
| Figura 2.8 CAPTACIÓN EN POZO PROFUNDO. | 32 |
| Figura 2.9 ESQUEMA INTEGRAL DE UNA LINEA DE CONDUCCIÓN | 33 |
| Figura 2.10 CONDUCCIÓN CON ENTREGA DE AGUA A LA RED DE DISTRIBUCIÓN. | 34 |
| Figura 2.11 CONDUCCIÓN POR GRAVEDAD. | 35 |
| Figura 2.12 CONDUCCIÓN POR BOMBEO. | 35 |
| Figura 2.13 RED DE CONDUCCIONES. | 36 |
| Figura 2.14 TANQUE DE REGULACIÓN POR GRAVEDAD. | 39 |
| Figura 2.15 TANQUE DE REGULACIÓN CON UNA ESTACIÓN DE BOMBEO. | 40 |
| Figura 2.16 ESQUEMA DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN. | 42 |
| Figura 2.17 SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE. | 43 |
| Figura 2.18 ECUACIONES DE ANALISIS Y DISEÑO DE REDES HIDRÁULICAS. | 45 |
| Figura 2.19 OPTIMIZACIÓN DE REDES HIDRÁULICAS ABIERTAS Y CERRADAS. | 46 |

| | | |
|--------------------|---|-----|
| Figura 2.20 | DATOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA. | 47 |
| Figura 2.21 | ENTIDAD LINEAL. | 85 |
| Figura 2.22 | ENTIDAD PUNTUAL. | 86 |
| Figura 2.23 | ENTIDAD SUPERFICIAL. | 87 |
| Figura 2.24 | EJEMPLO DE ATRIBUTOS. | 87 |
| Figura 2.25 | REPRESENTACIÓN DE VECTORES, TIPO PUNTUAL, LINEAL Y POLIGONAL. | 90 |
| Figura 2.26 | MENUS, BOTONES Y HERRAMIENTAS DEL PROGRAMA ARC VIEW | 93 |
| Figura 2.27 | VENTANA DE DOCUMENTOS EN ARC VIEW. | 94 |
| Figura 2.28 | EXTENSIONES EN ARC VIEW. | 95 |
| Figura 2.29 | VISTAS EN ARC VIEW. | 96 |
| Figura 2.30 | TABLA DE ATRIBUTOS EN ARC VIEW. | 97 |
| Figura 2.31 | EJEMPLO DE GRÁFICO TIPO EN ARC VIEW. | 97 |
| Figura 2.32 | EJEMPLO DE SCRIPTS EN ARC VIEW. | 98 |
| Figura 2.33 | EPANET EN SU ENTORNO. | 100 |
| Figura 2.34 | ESQUEMA DE LA RED DE AGUA EN EPANET 2.0 | 104 |
| Figura 2.35 | VALORES POR DEFECTO EN EL EPANET | 105 |
| Figura 2.36 | OPCIONES DEL ESQUEMA EN EPANET | 106 |
| Figura 2.37 | ESQUEMA DE LA RED DE AGUA EN EPANET 2.0 YA CONFIGURADA. | 107 |
| Figura 2.38 | BOMBA ENTRE LOS PUNTOS E Y T DE LA RED. | 108 |
| Figura 2.39 | INFORMACIÓN DEL PROYECTO | 109 |
| Figura 2.40 | ESQUEMA DE UNA CURVA DE COMPORTAMIENTO. | 110 |
| Figura 2.41 | RED DE AGUA POTABLE FINAL EN EPANET 2.0, PARA EL CONJUNTO HABITACIONAL BELLAVISTA Y NUEVA ESPAÑA. | 111 |
| Figura 2.42 | RED DE DISTRIBUCIÓN PARA UN TIEMPO CERO DE RÉGIMEN PERMANENTE. | 113 |
| Figura 2.43 | DATOS PARA CURVA DE MODULACIÓN. | 114 |
| Figura 2.44 | ESQUEMA DEL MENÚ OPCIONES DE TIEMPO. | 116 |
| Figura 2.45 | ANÁLISIS PARA UN TIEMPO DE PERMANENCIA EN LA RED DE: | |
| | a) CERO HORAS. | 117 |
| | b) 4 HORAS. | 118 |
| | c) 9 HORAS. | 119 |
| | d) 12 HORAS | 120 |
| | e) 16 HORAS. | 121 |
| | f) 20 HORAS. | 122 |
| | g) 24 HORAS. | 123 |

| | |
|---|-----|
| Figura 2.46 ESQUEMA DE OPCIONES DE CALIDAD DEL AGUA EN EPANET. | 125 |
| Figura 2.47 ESQUEMA DE OPCIONES DE TIEMPO EN EPANET. | 126 |
| Figura 2.48 CALIDAD DE AGUA PARA UN TIEMPO DE PERMANENCIA DE: | |
| a) CERO HORAS. | 127 |
| b) UNA HORA. | 128 |
| c) 2 HORAS. | 129 |
| d) 24 HORAS. | 130 |
| e) 66 HORAS. | 131 |
| f) 168 HORAS. | 132 |
| g) 480 HORAS. | 133 |
| h) 720 HORAS. | 134 |
| Figura 2.49 SOFTWARE EXCEL Y SU ENTORNO | 137 |

CAPITULO 3

| | |
|--|-----|
| Figura 3.1a) CROQUIS DE LOCALIZACIÓN DE LOS CONJUNTOS HABITACIONALES. | 148 |
| Figura 3.1b) CROQUIS DE LOCALIZACIÓN (FOTO AÉREA) | 148 |
| Figura 3.2 FASES PARA EL DESARROLLO DE UN SIG. | 150 |

ESTABLECIMIENTOS DE ESCENARIOS

CASO I -BOMBA SIN FUNCIONAR Y VÁLVULA CERRADA

| | |
|---|-----|
| Figura 3.3 ESQUEMA DE LA RED PARA UN TIEMPO DE PERMANENCIA DE: | |
| a) CERO HORAS. | |
| 1 SISTEMA MODELADO CON VÁLVULA. | 158 |
| 2 SISTEMA MODELADO SIN VÁLVULA. | 158 |
| b) UNA HORA. | |
| 1 SISTEMA MODELADO CON VÁLVULA. | 160 |
| 2 SISTEMA MODELADO SIN VÁLVULA | 160 |
| c) DOS HORAS. | |
| 1 SISTEMA CON MODELADO DE VÁLVULA | 162 |
| 2 SISTEMA CON MODELADO SIN VÁLVULA | 162 |
| d) TRES HORAS. | |
| 1 SISTEMA CON MODELADO DE VÁLVULA. | 164 |
| 2 SISTEMA CON MODELADO SIN VÁLVULA | 164 |

CASO II -BOMBA SIN FUNCIONAR Y VÁLVULA ABIERTA**Figura 3.4** ESQUEMA DE LA RED PARA UN TIEMPO DE:

| | |
|----------------|-----|
| a) CERO HORAS. | 167 |
| b) UNA HORA. | 168 |
| c) DOS HORAS. | 169 |

CASO III -BOMBA FUNCIONANDO Y VÁLVULA CERRADA**Figura 3.4** ESQUEMA DE LA RED PARA UN TIEMPO DE:

| | |
|----------------|-----|
| a) CERO HORAS. | 167 |
| b) UNA HORA. | 168 |
| c) DOS HORAS. | 169 |

CASO III -BOMBA FUNCIONANDO Y VÁLVULA CERRADA**Figura 3.5** ESQUEMA DE LA RED PARA UN TIEMPO DE PERMANENCIA DE:

| | |
|------------------------------------|-----|
| a) CERO HORAS. | |
| 1 SISTEMA MODELADO CON VÁLVULA. | 172 |
| 2 SISTEMA MODELADO SIN VÁLVULA. | 172 |
| b) SEIS HORAS. | |
| 1 SISTEMA CON MODELADO DE VÁLVULA. | 174 |
| 2 SISTEMA CON MODELADO SIN VÁLVULA | 174 |
| c) DOCE HORAS. | |
| 1 SISTEMA CON MODELADO DE VÁLVULA | 176 |
| 2 SISTEMA CON MODELADO SIN VÁLVULA | 176 |
| d) 24 HORAS. | |
| 1 SISTEMA CON MODELADO DE VÁLVULA | 178 |
| 2 SISTEMA CON MODELADO SIN VÁLVULA | 178 |

CASO IV –BOMBA FUNCIONANDO Y VÁLVULA ABIERTA**Figura 3.6** ESQUEMA DE LA RED PARA UN TIEMPO DE:

| | |
|----------------|-----|
| a) CERO HORAS. | 181 |
| b) 6 HORAS. | 182 |
| c) 12 HORAS. | 183 |
| d) 24 HORAS. | 184 |