

**PRACTICA EMPRESARIAL EN LA DIVISION DE PLANTA FISICA DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CONSISTENTE EN EL APOYO
TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION, REMODELACION Y
ADECUACION QUE ADELANTE LA OFICINA**

JORGE MAURICIO RAMIREZ VELASQUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2004**

**PRACTICA EMPRESARIAL EN LA DIVISION DE PLANTA FISICA DE LA
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CONSISTENTE EN EL APOYO
TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION, REMODELACION Y
ADECUACION QUE ADELANTE LA OFICINA**

JORGE MAURICIO RAMIREZ VELASQUEZ

Trabajo de grado presentado para optar al titulo de Ingeniero Civil

**Director
Carlos Alonso Camargo Mantilla
Ingeniero Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2004**

DEDICATORIA

Dedicado de corazón a mis padres Jorge Eliécer Ramírez Ferreira y Elsa Velásquez Hernández, que han hecho un enorme sacrificio a lo largo de todos estos años para convertir este sueño en realidad y a quienes les debo gran parte lo que soy.

Al resto de mi pequeña familia, a mi abuela Teresa Hernández, a mis hermanos Helga Lineth y Oscar Andrés, a mi tía Gladys Velásquez, a mi tío Alirio Ramirez, a Gerardo Ochoa y Myriam Durán, quienes de una manera u otra con su consejo y colaboración me han acompañado en este largo camino.

De manera sentida a la memoria de mi gran amigo Gilberto Rivas, quien fue mi apoyo y consejero en momentos difíciles, y quien siempre recordaré con especial agrado.

AGRADECIMIENTOS

El autor expresa de manera sincera su agradecimiento:

A cada uno de los profesores de la Universidad Industrial de Santander y de la Escuela de Ingeniería Civil con quienes tuve la oportunidad de formarme, en especial a quienes con su consejo y ejemplo terminaron de estructurar mi manera de ser y de pensar y me han dejado una ejemplar huella para seguir.

Al Ing. Edgar Alfonso Velásquez Venegas, jefe de la División de Planta Física, por haberme dado la oportunidad de realizar la práctica empresarial.

Al Ing. Iván Augusto Rojas Camargo, tutor de la práctica, por haber sido gran guía y consejero en esta última etapa de la carrera.

Al Ing. Carlos Alonso Camargo Mantilla, director de proyecto, por su oportuna colaboración y consejo.

Al Ing. Mario García Solano, profesor de la escuela de Ingeniería Civil, por la orientación brindada.

Agradezco a la División de Planta Física, a sus directivas y trabajadores por la colaboración y excelente trato recibido en el desarrollo de la práctica empresarial.

RESUMEN

TÍTULO:

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA DIVISION DE PLANTA FISICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CONSISTENTE EN EL APOYO TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION, REMODELACION Y ADECUACION QUE ADELANTE LA OFICINA.

AUTOR: RAMÍREZ VELÁSQUEZ, Jorge Mauricio**

PALABRAS CLAVES

Red distribución, diseño de redes, abastecimiento de agua, red hidráulica, Epanet, residencia de obra, campo deportivo.

DESCRIPCIÓN

El objeto de este trabajo es dar a conocer la experiencia de mi desempeño en los diversos campos del desempeño profesional propios de la Ingeniería Civil, adquirida en el desarrollo de la práctica empresarial en la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander UIS.

Aquí se describe la experiencia como residente de obra bajo la dirección de la División, en proyectos como la construcción de la batería de baños para el servicio de comedores estudiantiles, así como la construcción de dos canchas en concreto una para fútbol de salón y la otra de voleibol localizadas en la zona de campos deportivos del Campus principal de la Universidad

Como fruto de la experiencia mas relevante en el desarrollo de la práctica, se presentan las memorias del “Diseño de la Nueva red hidráulica y Contra Incendio en el Campus Principal de la Universidad”, proyecto en el que se presentó la oportunidad de participar activamente, aplicando los conocimientos adquiridos durante la carrera y profundizando el conocimiento sobre las herramientas computacionales necesarias para enfrentar con confianza los retos que suponen el ejercicio de la Ingeniería Civil.

Por último, se propone como aporte a la Escuela de Ingeniería Civil y comunidad académica en general, una metodología para el diseño de redes de distribución de agua potable, empleada en el diseño de la nueva red hidráulica de la Universidad con la ayuda del software EPANET®.

* Proyecto de grado, modalidad práctica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Camargo Mantilla Carlos Alonso.

ABSTRACTS

TITLE

PRACTICA EMPRESARIAL EN LA DIVISION DE PLANTA FISICA DE LA UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, CONSISTENTE EN EL APOYO TECNICO A LOS PROYECTOS DE CONSTRUCCION, REMODELACION Y ADECUACION QUE ADELANTE LA OFICINA

AUTHOR RAMÍREZ VELÁSQUEZ, Jorge Mauricio**

KEY WORDS

Distribution network, network design, water supplies, hydraulic network, EPANET, manager's construction, sport field.

DESCRIPTION

The purpose of this document is to show the experience of my work on several areas of the professional acting own of the Engineering Civil, acquired during the development of company's practice in the División de Planta Física of Universidad Industrial de Santander UIS.

The following information describe the experience as construction manager under the direction of the División, projects such as the building of the W.C. for the university restaurant service, and the building of two courts for the practice of indoors soccer and volleyball.

As a result of the most important in the practice development, the memories of the new network for the water supplies of the main campus of the university are presented in this project. I had opportunity to work activity, applying the knowledge acquired during my program and enlarging the knowledge on computer tools that are needed to trustfully face.

Finally, as a contribution for the Engineering Civil department and the academic community in general, a methodology for the distribution network of water used in the network of the university with the help of the EPANET software is proposed.

* Proyecto de grado, modalidad práctica empresarial

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Camargo Mantilla Carlos Alonso.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION

1	DIVISION DE PLANTA FISICA	2
1.1	MISIÓN	2
1.2	VISIÓN	2
1.3	FUNCIONES	2
2	DISEÑO DE LA RED HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD.....	3
2.1	INTRODUCCIÓN	3
2.2	JUSTIFICACION	3
2.3	ALCANCE DEL PROYECTO	4
2.4	DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	4
2.5	PARÁMETROS DE DISEÑO	4
2.5.1	<i>Velocidad</i>	4
2.5.2	<i>Materiales</i>	5
2.5.3	<i>Coefficiente de rugosidad.....</i>	5
2.6	POBLACIÓN Y DOTACIÓN	5
2.6.1	<i>Cálculo de la población.....</i>	5
2.6.2	<i>Dotación.....</i>	8
2.7	CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA RED	9
2.7.1	<i>Acometida.....</i>	9
2.7.2	<i>Medidor.....</i>	9
2.7.3	<i>Presión en la red de abastecimiento</i>	9
2.7.4	<i>Condiciones Actuales.....</i>	9
2.7.5	<i>Condiciones para el horizonte de diseño.....</i>	9
2.8	DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO	10
2.8.1	<i>Trazado de la red.....</i>	10
2.8.2	<i>Caudal de diseño.....</i>	10
2.8.3	<i>Velocidades y presiones.....</i>	10
2.8.4	<i>Consideraciones de diseño contra incendio para la red.....</i>	14
2.9	ANALISIS DE LA RED UTILIZANDO EPANET	16
2.9.1	<i>Resultados del analisis.....</i>	16
2.10	ACTIVIDADES DE OBRA Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN	18
2.11	PRESUPUESTO	19
2.12	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22
3	RESIDENCIA DE OBRA.....	24
3.1	MARCO TEÓRICO	24
3.1.1	<i>Características de la residencia de obra.....</i>	24
3.1.2	<i>Funciones del residente de obra.....</i>	24
3.1.3	<i>Responsabilidades.....</i>	24
3.1.4	<i>Perfil y características.....</i>	25
3.2	JUSTIFICACIÓN DE LA RESIDENCIA DE OBRA EN LA DIVISIÓN DE PLANTA FISICA..	25
3.3	OBJETIVOS DE LA LABOR DEL RESIDENTE DE OBRA EN LA DIVISIÓN	25

3.3.1	Objetivos Generales.....	25
3.4	CONSTRUCCIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS EXTERNAS AL EDIFICIO DE BIENESTAR UNIVERSITARIO PARA EL SERVICIO DE COMEDORES	26
3.4.1	Justificación.....	26
3.4.2	Objetivos específicos.....	27
3.4.3	Descripción de las actividades realizadas.....	27
3.4.4	Observaciones.....	30
3.5	ADECUACION DE ESCENARIOS DEPORTIVOS	30
3.5.1	Justificación.....	30
3.5.2	Objetivos específicos.....	31
3.5.3	Descripción de las actividades realizadas.....	31
3.5.4	Observaciones.....	36
3.6	CONSTRUCCION DEL COLISEO DEPORTIVOS UIS	37
3.6.1	Introducción.....	37
3.6.2	Justificación.....	37
3.6.3	Objetivos generales del proyecto.....	38
3.6.4	Objetivos específicos del practicante.....	38
3.6.5	Descripción de las actividades realizadas.....	38
3.6.6	Observaciones a la construcción del Coliseo Deportivo UIS.....	41
4	APORTE TECNICO	42
4.1	INTRODUCCION AL APORTE	42
4.2	ALCANCE	42
4.3	GENERALIDADES DE EPANET	43
4.3.1	Origen.....	43
4.3.2	Descripción y características.....	43
4.4	MANUAL DE EPANET 2.00.10	44
4.4.1	Descripción de la red de ejemplo.....	44
4.4.2	Preliminares.....	45
4.4.3	Exportar mapa de fondo.....	47
4.4.4	Abrir o ejecutar el EPANET.....	47
4.4.5	Definición de sistema de unidades y valores por defecto.....	48
4.4.6	Guardar el proyecto.....	49
4.4.7	Importar mapa de fondo.....	50
4.4.8	Componentes físicos de la red.....	52
4.4.9	Componentes no físicos de la red.....	53
4.4.10	Trazado de la red.....	54
4.4.11	Edición de las propiedades de los Objetos.....	59
4.4.12	Opciones para la edición de una red con gran información.....	60
4.4.13	Opciones de consulta.....	61
4.4.14	Simulación.....	63
4.4.15	Consideración de condiciones de incendio.....	67
4.4.16	Resultados del análisis.....	69
4.4.17	Presentación de los Resultados mediante Gráficas.....	70
4.4.18	Presentación de los Resultados mediante Tablas.....	72
4.4.19	Informes Especiales.....	75
5	OBSERVACIONES	76
6	CONCLUSIONES	77
7	BIBLIOGRAFÍA	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diseño definitivo de la red antes de considerar las hipótesis de incendio.....	13
Figura 2. Diseño definitivo de la red considerando las hipótesis de incendio.....	14
Figura 3. Diagrama de Gantt para la construcción de la red hidráulica.....	19
Figura 4. Estructura organizativa de los proyectos de construcción.....	26
Figura 5. Planta general de la nueva red hidráulica de la UIS.....	46
Figura 6 Perfil de la nueva red hidráulica de la UIS.....	46
Figura 7 Pantallazo inicial del EPANET 2.00.10.....	47
Figura 8. Definición de unidades y método de cálculo.....	48
Figura 9. Valores de rugosidad sugeridos por el software.....	49
Figura 10. Guardar proyecto.....	49
Figura 11. Exportar un mapa desde un programa CAD.....	50
Figura 12. Introducción de coordenadas para el mapa de fondo.....	50
Figura 13. Abrir un mapa de fondo.....	51
Figura 14. Mapa de fondo para EPANET.....	51
Figura 15. Barra de herramientas (botones) y de menú (letras).....	54
Figura 16. Trazado parcial de la red.....	57
Figura 17. Esquema de la red terminado.....	58
Figura 18. Edición de propiedades.....	59
Figura 19. Exportación de la red desde EPANET.....	60
Figura 20. Formato para exportación a EPANET.....	61
Figura 21. Elaboración de un perfil.....	62
Figura 22. Perfil de los tramos 15 y 16 de la red de ejemplo.....	62
Figura 23. Visualización de la información con el visor de datos.....	63
Figura 24. Estado de la simulación.....	64
Figura 25. Informe de errores.....	64
Figura 26. Selección de una región para cambiar sus propiedades.....	65
Figura 27. Edición de objetos comprendidos en una región.....	65
Figura 28. Actualización de datos utilizando la herramienta “seleccionar región”.....	65
Figura 29. Resultado de la simulación sin válvula reductora de presión.....	66
Figura 30. Resultado de la simulación con válvula reductora.....	67
Figura 31. Nodos con demanda contra incendio.....	68
Figura 32. Opciones de consulta.....	69

Figura 33. Selección de graficas.....	71
Figura 34. Perfil longitudinal de la red.....	71
Figura 35. Mapa de isolineas.....	72
Figura 36. Curva de distribución para la velocidad.....	72
Figura 37. Personalización de los datos de salida.....	73
Figura 38. Tabla de salida para líneas.....	74
Figura 39. Tabla de salida para nudos.....	74

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Foto 1. Nueva batería de baños para el servicio de comedores.....	27
Foto 2. Algunos materiales empleados.....	28
Foto 3. Construcción de la placa aligerada.....	28
Foto 4. Armado y fundición de columnas.....	29
Foto 5. Muro de mampostería.....	29
Foto 6. Instalación de tubería sanitaria e hidráulica.....	30
Foto 7. Situación antes y después de la construcción de la cancha de fútbol de salón.....	32
Foto 8. Algunos materiales empleados en la obra.....	32
Foto 9. Detalle canaleta perimetral.....	33
Foto 10. Armado de formaleta.....	33
Foto 11. Material extraído de la cancha de voleibol y posteriormente reutilizado.....	33
Foto 12. Esquema de fundición de losas.....	34
Foto 13. Vaciado y curado del concreto.....	34
Foto 14. Situación antes y después de la construcción de la cancha de voleibol.....	35
Foto 15. Movimiento de tierras para la construcción de la cancha de voleibol.....	35
Foto 16. Compactación del terreno.....	36
Foto 17. Instalación de formaleta para fundición de la superficie de la cancha.....	36
Foto 18. Localización preliminar del Coliseo Deportivo UIS.....	39
Foto 19. Apiques sobre el terreno.....	39
Foto 20.Extracción de muestras para los diferentes ensayos sobre el suelo.....	40

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Evolución de la población estudiantil en el Campus principal de la UIS	7
Tabla 2. Caudales de diseño de la red hidráulica de la UIS.....	11
Tabla 3. Ubicación de Hidrantes	15
Tabla 4. Hipótesis de incendio consideradas en el diseño	16
Tabla 5. Actividades de obra para la construcción de la red	18
Tabla 6. Costos del proyecto	19
Tabla 7. Nudos de la red	55
Tabla 8. Descripción del tipo de gráficos generados por EPANET	70

GLOSARIO

Accesorios Elementos componentes de un sistema de tuberías, diferentes de las tuberías en sí, tales como uniones, codos, tees etc.

Acometida Derivación de la red local de acueducto que llega hasta el registro de rueda en el punto de empate con la instalación interna del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general.

Actividad crítica Es una actividad tal que si hay una demora en su comienzo entonces causará una demora en la terminación del proyecto.

Aditivo Material diferente al cemento, a los agregados o al agua que se añade al concreto, antes o durante la mezcla, para modificar un a o varias de sus propiedades; sin perjudicar su durabilidad ni su capacidad de resistir esfuerzos

Agua potable Agua que por reunir los requisitos organolépticos, físicos, químicos y microbiológicos es apta y aceptable para el consumo humano y cumple con las normas de calidad de agua.

Almacenamiento Acción destinada a almacenar un determinado volumen de agua para cubrir los picos horarios y la demanda contra incendios.

Altura dinámica total Energía suministrada por una bomba a un flujo en tuberías, expresada en términos de cabeza, obtenida como la suma de la altura estática en la succión, de las pérdidas de energía por fricción y pérdidas menores en la succión y en la impulsión, y de la presión requerida al final de la línea de impulsión.

Amarres Son elementos que sirven para transmitir las fuerzas inerciales e impiden la separación entre componentes de la edificación tales como zapatas y muros. Elemento utilizado para dar continuidad alrededor de aberturas y huecos en un diafragma.

Anclaje Apoyo que soporta los empujes ocasionados por el cambio de dirección en una tubería sometida a presión interna.

Cabeza de presión. Presión manométrica en un punto, expresada en metros de columna de agua, obtenida como la razón entre la magnitud de la presión y el peso específico del agua.

Caudal de diseño Caudal estimado con el cual se diseñan los equipos, dispositivos y estructuras de un sistema determinado.

Caudal de incendio Parte del caudal en una red de distribución destinado a combatir los incendios.

Caudal máximo diario Consumo máximo durante veinticuatro horas, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal máximo horario Consumo máximo durante una hora, observado en un período de un año, sin tener en cuenta las demandas contra incendio que se hayan presentado.

Caudal medio diario Consumo medio durante veinticuatro horas, obtenido como el promedio de los consumos diarios en un período de un año.

Cimbra Estructura provisional de madera o elementos metálicos, de forma, dimensiones y seguridad adecuadas para la colocación del refuerzo y el concreto de un elemento estructural, y sostenerlos mientras el concreto adquiere la resistencia adecuada.

Cimentación Conjunto de los elementos estructurales destinados a transmitir las cargas de una estructura al suelo o roca de apoyo.

Cloro residual Concentración de cloro existente en cualquier punto del sistema de abastecimiento de agua, después de un tiempo de contacto determinado

Coefficiente de consumo máximo horario Relación entre el consumo máximo horario y el consumo medio diario.

Coefficiente de pérdida menor Medida de las pérdidas de energía que se producen por el paso del flujo en un accesorio o estructura, y que es factor de la cabeza de velocidad.

Coefficiente de rugosidad Medida de la rugosidad de una superficie, que depende del material y del estado de la superficie interna de una tubería.

Columna de amarre Es un elemento vertical reforzado que se coloca embebido en el muro

Columna Elemento estructural cuya sollicitación principal es la carga axial de compresión, acompañada o no de momentos flectores, torsión o esfuerzos cortantes y con una relación de longitud a su menor dimensión de la sección de 3 o más.

Concreto Mezcla homogénea de material cementante, agregados inertes y agua, con o sin aditivos.

Conducción Componente a través del cual se transporta agua potable, ya sea a flujo libre o a presión.

Costo directo Es la suma de material, mano de obra y equipo necesarios para la realización de un proceso productivo.

Costo indirecto Es la suma de gastos técnico – administrativos necesarios para la correcta realización de cualquier proceso productivo.

Curado Proceso por medio del cual el concreto endurece y adquiere resistencia, una vez colocado en su posición final.

Curvas características Curvas que definen el comportamiento de una bomba mostrando el rango de caudales de operación contra la altura dinámica total, la potencia consumida, la eficiencia y la cabeza neta de succión positiva.

Diámetro nominal Es el número con el cual se conoce comúnmente el diámetro de una tubería, aunque su valor no coincida con el diámetro real interno.

Diámetro real Diámetro interno de una tubería determinado con elementos apropiados.

Dotación Cantidad de agua asignada a una población o a un habitante para su consumo en cierto tiempo, expresada en términos de litro por habitante por día o dimensiones equivalentes.

Encofrados y formaletas Moldes con la forma y las dimensiones de las elementos estructurales, en los cuales se coloca el refuerzo y se vierte el concreto fresco.

Flujo a presión Aquel transporte en el cual el agua ocupa todo el interior del conducto, quedando sometida a una presión superior a la atmosférica.

Fugas Cantidad de agua que se pierde en un sistema de acueducto por accidentes en la operación, tales como rotura o fisura de tubos, rebose de tanques, o fallas en las uniones entre las tuberías y los accesorios.

Golpe de ariete Fenómeno hidráulico de tipo dinámico oscilatorio, causado por la interrupción violenta del flujo en una tubería, bien por el cierre rápido de una válvula o apagado del sistema de bombeo, que da lugar a la transformación de la energía cinética en energía elástica, tanto en el flujo como en la tubería, produciendo sobre elevación de la presión, subpresiones y cambios en el sentido de la velocidad del flujo.

Hidrante Elemento conectado a la red de distribución que permite la conexión de mangueras especiales utilizadas en la extinción de incendios.

Junta de contracción Junta de construcción, o junta parcial (una reducción del espesor del elemento) utilizada para reducir la aparición de esfuerzos internos causada por la restricción a los movimientos causados por retracción de fraguado, flujo plástico, o variaciones de la temperatura, en elementos de concreto simple.

Junta de expansión Separación entre porciones adyacentes de la estructura de concreto, localizada en un lugar establecido durante el diseño de la estructura, de tal manera que no interfiera con el comportamiento de la estructura y que al mismo tiempo permita movimientos en las direcciones apropiadas; y que impida la formación de fisuras y grietas en otras parte de la estructura. En la junta se puede interrumpir parte o todo el refuerzo adherido que la atraviese.

Línea de energía Línea o elevación obtenida como la suma de la cabeza de presión, la cabeza de velocidad y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

Línea piezométrica Línea o elevación obtenida de la suma de la cabeza de presión y la diferencia de altura topográfica respecto a un datum o nivel de referencia.

Mortero de pega Mezcla plástica de elementos cementantes, agregado fino y agua, usado para unir las unidades de mampostería

Muro Elemento cuyo espesor es menor en relación con sus otras dos dimensiones, usualmente vertical, utilizado para delimitar espacios

Muros confinados son muros de mampostería enmarcados por vigas y columnas de amarre

Optimización Proceso de diseño y/o construcción para lograr la mejor armonía y compatibilidad entre los componentes de un sistema o incrementar su capacidad o la de sus componentes, aprovechando al máximo todos los recursos disponibles.

Pérdidas menores Pérdida de energía causada por accesorios o válvulas en una conducción de agua.

Pérdidas por fricción Pérdida de energía causada por los esfuerzos cortantes del flujo en las paredes de un conducto.

Período de diseño Tiempo para el cual se diseña un sistema o los componentes de éste, en el cual su(s) capacidad(es) permite(n) atender la demanda proyectada para este tiempo.

Población de diseño Población que se espera atender por el proyecto, considerando el índice de cubrimiento, crecimiento y proyección de la demanda para el período de diseño.

Presión dinámica Presión que se presenta en un conducto con el paso de agua a través de él.

Presión estática Presión en un conducto cuando no hay flujo a través de él.

Presión nominal Presión interna máxima a la cual puede estar sometida una tubería, considerando un factor de seguridad, y que es dada por el fabricante según las normas técnicas correspondientes.

Presupuesto Se entiende por presupuesto de una obra o proyecto la determinación previa de la cantidad en dinero necesaria para realizarla

Red de distribución Conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde el tanque de almacenamiento o planta de tratamiento hasta los puntos de consumo.

Red matriz Parte de la red de distribución que conforma la malla principal de servicio de una población y que distribuye el agua procedente de la conducción, planta de tratamiento o tanques de compensación a las redes secundarias. La red primaria mantiene las presiones básicas de servicio para el funcionamiento correcto de todo el sistema, y generalmente no reparte agua en ruta.

Red menor de distribución Red de distribución que se deriva de la red secundaria y llega a los puntos de consumo.

Red secundaria Parte de la red de distribución que se deriva de la red primaria y que distribuye el agua a los barrios y urbanizaciones de la ciudad y que puede repartir agua en ruta.

Refuerzo Acero colocado para absorber esfuerzos de tracción, de compresión, de corte o de torsión en conjunto con el concreto

Ruta crítica Es una cadena de actividades críticas, es una ruta que identifica todas las actividades críticas del proyecto.

Sedimentación Proceso en el cual los sólidos suspendidos en el agua se decantan por gravedad.

Tipo de usuario Diferentes clases de usuarios que pueden existir a saber: residenciales, industriales, comerciales, institucionales y otros.

Tubería Ducto de sección circular para el transporte de agua.

Unidad de mampostería Elemento de colocación manual, de características pétreas y estabilidad dimensional, que unida con mortero configura el muro de mampostería.

Usuario Persona natural o jurídica que se beneficia con la prestación de un servicio público, bien como propietario del inmueble en donde éste se presta, o como receptor directo del servicio. A este último usuario se le conoce también como consumidor.

Válvulas de sectorización Son dispositivos que cierran el paso del agua en las tuberías de distribución, con el fin de sectorizar la red. Usualmente son válvulas de compuerta con vástago fijo o válvulas mariposa con mecanismo de reducción de velocidad de cierre para evitar golpe de ariete.

Vida útil Tiempo estimado para la duración de un equipo o componente de un sistema sin que sea necesaria la sustitución del mismo; en este tiempo solo se requieren labores de mantenimiento para su adecuado funcionamiento.

Viga de amarre Es un elemento de concreto reforzado de no menos de 150 mm de altura que sirve de para amarrar a diferentes niveles los muros de una edificación. La viga de amarre puede estar embebida dentro de la losa de entrepiso cuando esta es de concreto reforzado, y en este caso puede tener el mismo espesor del entrepiso.

Viga Elemento estructural, horizontal o aproximadamente horizontal, cuya dimensión longitudinal es mayor que las otras dos y su sollicitación principal es el momento flector, acompañado o no de cargas axiales, fuerzas cortantes y torsiones

Zona de presión de la red de distribución Es una de las partes en que se divide la red de acueducto para evitar que las presiones mínimas, dinámica y máxima estática sobrepasen los límites prefijados.

INTRODUCCION

Este trabajo de grado pretende transmitir a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, y a quienes pueda interesar, la experiencia adquirida en el desarrollo de la práctica empresarial en la División de Planta Física.

El desarrollo del trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial conlleva sin ninguna duda a la formación integral del estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil. La experiencia recogida durante este tiempo como practicante en la División de Planta Física seguramente me será de gran valor para el ejercicio como profesional de la Ingeniería.

La metodología empleada para el desarrollo de la práctica fue el trabajo tanto en oficina como en campo, con dedicación de tiempo completo, tal y como lo establece la Escuela de Ingeniería Civil.

Pienso que esta práctica fue un medio efectivo para con mis conocimientos y trabajo, retribuir a la Universidad Industrial de Santander por la excelente formación académica y humanística recibida durante el desarrollo del programa de Ingeniería Civil.

1 DIVISION DE PLANTA FISICA

1.1 MISIÓN

La División de Planta Física, es la dependencia administrativa de la Universidad Industrial de Santander encargada de garantizar las condiciones adecuadas de funcionamiento, seguridad y disponibilidad de la planta física de la Universidad, por medio de la prestación de servicios que de manera eficiente y efectiva logran el mantenimiento, reparación, mejoramiento, construcción y embellecimiento de Salones, Auditorios, Oficinas, Laboratorios, zonas verdes y Áreas deportivas de las diferentes la dependencias Académicas y Administrativas

1.2 VISIÓN

Ser una organización líder, de gran prestigio como ente promotor del normal desempeño universitario para el constante crecimiento y mejoramiento de la imagen organizacional e institucional, capaz de adaptarse con eficacia a la velocidad de los cambios y a las necesidades generadas del entorno, soportando sus acciones y logros en la planeación, evaluación y cumplimiento de sus objetivos con excelentes niveles de calidad en los servicios ofrecidos desde cada una de sus áreas funcionales, logrando ser reconocida como una División comprometida, con un alto sentido de pertenencia, inteligente, sólida y autónoma en la administración de los recursos necesarios para el desarrollo sus actividades, apoyada en canales de comunicación que provean una información clara, segura y oportuna, en su relación con la comunidad universitaria, vinculándola en la conservación y buen uso de las instalaciones y planta física en general de la Universidad con un alto sentido de pertenencia y compromiso.

1.3 FUNCIONES

La oficina de Planta Física tiene como función principal participar coordinada, activa y dinámicamente en la definición, planificación y ejecución de planes integrales de desarrollo físico e infraestructura de la universidad

Otra de las más importantes funciones que debe cumplir la División Planta Física de la Universidad Industrial de Santander es la llamada función social, garantizando que exista la infraestructura adecuada para el desarrollo integral de los miembros de la comunidad universitaria y el mejoramiento de su calidad de vida.

2 DISEÑO DE LA RED HIDRAULICA DE LA UNIVERSIDAD

2.1 INTRODUCCIÓN

La construcción de una nueva red de distribución de agua potable en el campus principal de la Universidad, es un viejo anhelo de la mayoría de los miembros de la comunidad UIS, que han padecido los inconvenientes que genera una red que es inferior a sus requerimientos, y que ya superó su horizonte de diseño.

La nueva red hidráulica y contra incendio de la Universidad Industrial de Santander, servirá para satisfacer la demanda de agua potable de la comunidad universitaria ubicada en el campus principal, tanto para consumo humano como para consumos especiales e infraestructura, al igual que las posibles demandas ante emergencia como la posibilidad de ocurrencia de un incendio.

Los consumos especiales corresponden demandas para otras actividades tales como: prácticas de laboratorios, presentaciones artísticas, preparación de alimentos, riego de zonas verdes, y otras relacionadas con el bienestar de la comunidad y el normal desarrollo de las actividades académicas y culturales dentro del Campus.

El software utilizado para este diseño es EPANET 2.00.10, de libre distribución y uso, desarrollado en su versión original por la EPA (Environmental Protection Agency) de Norteamérica, con versión en español desarrollada por el grupo REDHISPA de la Universidad Politécnica de Valencia (España).

2.2 JUSTIFICACION

A continuación, se exponen las razones más importantes que prueban la necesidad de construir una nueva red de abastecimiento al interior de la sede principal de la Universidad Industrial de Santander:

En la actualidad, los edificios al interior del campus se encuentran abastecidos de agua potable por dos redes de distribución; la primera, construida en la década de los 60's, y la segunda, producto de la remodelación y ampliación de la primera en la ejecución del Plan de Desarrollo de la década de los 70's. Estas dos redes de distribución, se fueron modificando, junto con las ampliaciones físicas de la Universidad, adaptándose desafortunadamente de manera desordenada y antitecnica a las nuevas necesidades y requerimientos de la UIS.

Económicamente, estas redes generan unos elevados costos en su mantenimiento, debido a la gran cantidad de reparaciones que en la actualidad se vienen haciendo; sin comentar de los graves inconvenientes que esto genera con las frecuentes interrupciones

en el servicio. Además se ha evidenciado que un gran porcentaje del agua facturada por la compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (a.m.b.), se pierde por filtraciones de la tubería al terreno, como consecuencia del avanzado estado de deterioro de la tubería que ya cumplió su vida útil.

Por último debe considerarse la posible afectación a la calidad del agua, y en consecuencia a la salud del consumidor final; pues el material con el que se construyó la red, asbesto-cemento, recientemente ha sido señalado como material cancerígeno. Todo eso sin contar con la posible contaminación, debida a la entrada a la tubería, de agua presente en el terreno proveniente de lluvias y fugas del sistema de alcantarillado.

2.3 ALCANCE DEL PROYECTO

La nueva red hidráulica pretende satisfacer la demanda de agua potable de toda la comunidad universitaria, con total confiabilidad y calidad durante los siguientes 25 años. Esta demanda incluye además de agua para consumo humano, la necesaria para atender de manera satisfactoria una situación de incendio, al igual que la requerida para garantizar el normal desarrollo de las actividades académicas y culturales al interior del Campus.

2.4 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El sistema de distribución de agua potable conforma una gran malla principal dividida en 5 sectores, tendida sobre las principales vías carretables y peatonales del Campus. Estará constituida por tubería en poli cloruro de vinilo (PVC) tipo unión mecánica que garantiza con sus uniones herméticas, una mínima alteración de la calidad del agua durante su transporte, y una relación diámetro espesor (RDE) 21 que le permite una adecuada respuesta ante las cargas internas y externas sobre las paredes del tubo.

Cuenta también la red, con una válvula reguladora, que forza una disminución en la presión, para impedir que la tubería sea sometida a esfuerzos mayores que los de trabajo especificados por el fabricante. También existen a lo largo de ella, válvulas de corte para aislar los diferentes sectores, garantizando así su normal funcionamiento en el caso de presentarse una reparación o situación de emergencia. Adicionalmente se deben instalar los hidrantes indicados, que permitirán la adecuada atención de un incendio al interior del Campus.

2.5 PARÁMETROS DE DISEÑO

2.5.1 Velocidad

Uno de los criterios para el dimensionamiento de la red que mas se respetó, fue el que las velocidades se concentraran en un rango entre 0.60 m/s y 2.00 m/s. Esto para evitar el depósito de sedimentos en la tubería cuando las velocidades son muy bajas, o el daño y molestias que pudiera ocasionar sobre las redes internas de distribución y aparatos de salida, cuando se presenten altas velocidades.

2.5.2 Materiales

Los materiales considerados para el diseño y la construcción de la nueva red hidráulica y contra incendio de la UIS son los siguientes:

- Tubería en poli cloruro de vinilo (PVC) tipo unión mecánica RDE 21 de 2.1/2", 3", 4" y 6" de diámetro.
- Codos, tees y uniones en PVC RDE 21 y Hierro Fundido (HF).
- Válvulas de cierre tipo compuerta en Bronce y en Hierro Dúctil
- Hidrantes Tipo Milán y Tráfico de 3" y 4".
- Válvula Reguladora de Presión con piloto automático en Hierro Gris.

Nota: *Las especificaciones detalladas de accesorios, materiales y elementos que conforman la red están consignadas en los planos y en las especificaciones técnicas de construcción de la red.*

2.5.3 Coeficiente de rugosidad

El PVC posee un coeficiente C (rugosidad para Hazen Williams) de 150. La modificación de este valor de rugosidad a lo largo de la vida útil del proyecto se considerará despreciable.

2.6 POBLACIÓN Y DOTACIÓN

2.6.1 Cálculo de la población

El cálculo de la población esperada para el horizonte del proyecto, es el primer y quizás más importante paso antes de comenzar el diseño de cualquier red de distribución. Es por esta razón, que se procuró que la información de cantidad y ubicación de la población a atender, así como de sus necesidades de agua potable, estuviesen lo más cercanas a la realidad.

Población existente

En las cifras de población de estudiantes, profesores y trabajadores que conforman la Comunidad Universitaria UIS, solo se tuvo en cuenta a los miembros que laboran o estudian en el Campus principal ubicado en la Carrera. 27 con Calle 9 de la ciudad de

Bucaramanga, y que son en la actualidad abastecidos por la conexión domiciliar ubicada en el costado izquierdo de la portería principal en el sentido sur-norte. Esto debido a que la zona de escenarios deportivos y edificios como el del Instituto de Lenguas y el nuevo edificio de Trabajo Social cuentan con una pequeña red con acometida independiente, para suplir sus demandas de agua potable.

La fuente principal de los datos de la población estudiantil, fue el informe anual de la Oficina de Planeación de la Universidad Industrial de Santander “LA UIS EN CIFRAS”, que en su edición N° 27 del año 2002, hizo una retrospectiva de la evolución de la población de estudiantes matriculados desde el año 1985 para todas las carreras y modalidades ofrecidas por la Universidad.

Por otra parte de la División de Recursos Humanos se obtuvieron los datos del personal administrativo de planta, docentes de planta y hora cátedra, y personal outsourcing que en la actualidad laboran en este Campus, y que conforman la otra parte de la población a atender con este diseño.

La cifra de población actual entre estudiantes y trabajadores, que cumple con los requisitos antes descritos y que fue tomada como base para el cálculo de la población futura, asciende a 15.961 personas.

Estimación de la población para el horizonte de diseño

La población de diseño, tal y como lo especifica el “Reglamento Técnico Del Sector De Agua Potable Y Saneamiento Básico RAS – 2000”, que en adelante denominaremos la norma RAS, será la proyectada al final de la vida útil, que para el caso de nivel de complejidad alto, como corresponde a la de ciudad de Bucaramanga, y de redes de distribución secundarias, es de 25 años a partir de la fecha de diseño.

Después de haberse probado con múltiples métodos de cálculo de población, se llegó a la conclusión que el método que mejor describe la tendencia de su crecimiento desde el año 1985 al 2002, es el Método Aritmético; con una media anual de crecimiento de 450 estudiantes. Equivale esto a decir que desde el año 2004 y hasta el año 2029 la población estudiantil incluyendo pregrado y postgrado, va a crecer con una media de 450 estudiantes/año.

Este método lo avala la norma RAS en su artículo B.2.2.4 (Métodos de cálculo), donde habla del Método Aritmético como un método especial que considera un incremento constante de la población e independiente de su tamaño, como en la actualidad ocurre en la Universidad, que abre cada semestre un número muy similar de cupos para los primeros niveles de cada carrera.

En la Tabla 1 “Evolución de la población estudiantil en el Campus principal de la UIS” se aprecia la modificación de ella en el periodo 1985 a 2002 con su respectivo incremento anual.

Tabla 1. Evolución de la población estudiantil en el Campus principal de la UIS

	PREGRADO	POSTGRADO	TOTAL	
Año	TOTAL	TOTAL	ESTUDIANTES	INCREMENTO
	Pregrado	Postgrado		MEDIO
1985	5537	91	5,628	
1986	5585	112	5,697	69
1987	5922	112	6,034	337
1988	6109	132	6,241	207
1989	6775	154	6,929	688
1990	7205	153	7,358	429
1991	7241	159	7,400	42
1992	7848	230	8,078	678
1993	8150	560	8,710	632
1994	8787	807	9,594	884
1995	8985	1001	9,986	392
1996	9372	1337	10,709	723
1997	10446	1359	11,805	1,096
1998	12007	1400	13,407	1,602
1999	11955	1158	13,113	-294
2000	12951	863	13,814	701
2001	12934	755	13,689	-125
2002	13579	919	14,498	809

Utilizando la formula para el crecimiento aritmético:

$$Pf = Kn * (Tf - Ti)$$

Donde:

Pi = población inicial

Pf= población esperada o estimada para horizonte de diseño

Kp= constante de crecimiento de la población (valor medio)

Ti= año del ultimo dato de población

Tf= año del horizonte de diseño

Datos

Kp = 450.45 estudiantes/año. (Ignorando valores negativos)

Tf-Ti =27 años, ya que Pi es la del año 2002.

Pi= 14498 estudiantes

Pf = 26,660 estudiantes en el año 2029

Se obtiene una población de diseño de 26660 estudiantes para el año 2029, año horizonte para el proyecto, comparados con los 14498 estudiantes registrados en el campus principal para el año 2002, lo cual supone un incremento en el periodo del 83.88%.

En el caso de la estimación de la población de trabajadores para el año 2029, se decidió que lo más prudente era mantener constante el indicador estudiante/empleo que en la actualidad se registra en el Campus, siendo este de 9.88 estudiantes/empleo. Esto implica que de hoy al horizonte de diseño (25 años), la cantidad de trabajadores se incrementará en un porcentaje igual a la de población estudiantil, es decir en un 83.88% respecto a la registrada para el 2002. De esta forma en el año 2029 la proporción estudiante-trabajador se conservará y se estima que el total de ellos será de 2697 hacia el horizonte del proyecto.

Nota: Es prudente aclarar que la estimación de la población utilizando este método, es un ejercicio netamente teórico que cuenta con un soporte histórico, en el que de ninguna manera se pueden prever los cambios en la tendencia como consecuencia de las políticas en la admisión y formación de los estudiantes que más adelante puedan adoptar las directivas de la Universidad. Sin embargo, la Dirección de Admisiones y Registro Académico fue consultada al respecto, dando visto bueno a la cifra esperada.

2.6.2 Dotación

Las dotaciones consideradas para el diseño de la red fueron las siguientes:

- Estudiantes 50 litros/día
- Trabajadores 70 litros/día
- Zonas verdes 2 litros/m²
- Laboratorios de Biología 3 litros/estudiante
- Laboratorios de Química 8 litros/estudiante
- Restaurantes 2000 litros para áreas entre 0 y 40 m²
50 litros/m² para áreas entre 41 y 100 m²
40 litros/m² para áreas mayores a 101 m²
- Auditorios 3 litros/espectador
- Biblioteca 20 litros/silla instalada
- Cafeterías 1500 litros para áreas menores o iguales a 30 m²
60 litros/m² para áreas entre 31 y 60 m²
50 litros/m² para áreas entre 61 y 100 m²
40 litros/m² para áreas mayores a 100 m²
- Instituciones médicas 500 litros/consultorio médico

2.7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE LA RED

A continuación se hace un resumen de las condiciones para la simulación en EPANET, esto para evaluar el comportamiento de la red ante las exigencias y condiciones de hoy y las que se esperan al final de su vida útil.

2.7.1 Acometida

La acometida actual se conservara, siendo esta la que se encuentra en el costado occidental de la entrada principal a la Universidad (*carrera 27 con calle 9*).

2.7.2 Medidor

El medidor actual deberá ser reemplazado por uno de características superiores, tales que pueda soportar el caudal de diseño de la nueva red, incluyendo el caudal en caso de incendio. Su tipo y especificación deben ser consultados con el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (a.m.b.)

2.7.3 Presión en la red de abastecimiento

En la actualidad se registran en la red, presiones superiores a 126 metros de columna de agua (mca) o 180 libras por pulgada cuadrada (*pounds square inches psi*), pero se espera que esta disminuya gradualmente hasta llegar a un valor de presión mínimo de 15 mca, que por norma debe garantizar el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga en cualquier punto de la red.

2.7.4 Condiciones Actuales

Las condiciones que se presentan hoy, año 2004, y que fueron considerados en el diseño de la red son:

- Caudal medio: 5.5 lps. (*valor sugerido por la División de Planta Física UIS*)
- Población neta estimada 15965 personas entre estudiantes y trabajadores
- Presión en la entrada: 126 mca (*valor sugerido por la Oficina de Planeación UIS*)
- Cotas: Portería principal (Cra. 27 con calle 9): 991.8 m.s.n.m., Edificio Daniel Casas (Música): 971 m.s.n.m.

2.7.5 Condiciones para el horizonte de diseño

- Año 2029
- Caudal medio: 41.5 lps.
- Población neta estimada: 29357 personas entre estudiantes y trabajadores.

- Presión en la entrada: aproximadamente 24 mca, lo que garantiza en el punto mas crítico de la red la mínima presión exigida por la norma RAS a las empresas de acueducto.

2.8 DESCRIPCION DEL PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

2.8.1 Trazado de la red

Al trazado definitivo, se llegó después de haber evaluado junto con la Oficina de Planeación Física, la conveniencia de muchos otros esquemas. Se decidió por elegir una malla cerrada para la distribución del agua potable, en razón a que esta configuración optimiza la distribución de presiones y caudales.

2.8.2 Caudal de diseño

La población esperada para el horizonte de diseño fue dividida en los distintos edificios del campus. Los trabajadores fueron distribuidos de acuerdo a la ubicación actual de la unidad académica o administrativa a la pertenecen. En el caso de los estudiantes, estos se ubicaron teniendo en cuenta el espacio físico (*aulas, auditorios y laboratorios*) asignado a cada escuela en los diferentes edificios.

Ya estimada la población que ocupará cada uno de los edificios, se procedió a asignarles la dotación expuesta: 50 litros/día para estudiantes y 70 litros/día para cada trabajador. El caudal demandado por los estudiantes y trabajadores se le denominó poblacional.

Además, se hizo la estimación de las demandas especiales para laboratorios, zonas verdes, preparación y expendio de alimentos, entre otros. La capacidad de la nueva red, prevé también la construcción de las nuevas edificaciones consignadas en el plan de desarrollo de la Universidad. Estos caudales corresponden a los estipulados en las memorias de cálculo de cada uno de ellos. De los proyectos que no se tienen en la actualidad diseños, se ha hecho una estimación de acuerdo su capacidad esperada. Los caudales de diseño por edificio y categoría pueden apreciarse en la Tabla 2.

2.8.3 Velocidades y presiones

Después de haber llegado un trazado definitivo, se procedió a predimensionar los diámetros de la tubería que conforma la red. Con la ayuda de la versión en español del software EPANET, se obtuvieron las presiones en los nodos y las velocidades en las tuberías con dichos diámetros utilizando la fórmula de Hazen- Williams para el cálculo de perdidas por fricción

Tabla 2. Caudales de diseño de la red hidráulica de la UIS.

EDIFICIO	CAUDALES											
	POBLACIONAL	ESPECIALES										TOTAL
		Auditorios	Restaurantes	Cafeterías	Salud	Biblioteca	Laboratorios	Gimnasio	Residencias	Nuevos Edificios	Zonas verdes	
1	0.038											0.038
2	0.029	0.261									0.125	0.415
3	0.565										0.125	0.690
4	0.564										0.125	0.689
5	0.000										0.125	0.125
6	0.830										0.125	0.955
7	0.177		0.463	0.198	0.174						0.125	1.137
8	0.006	0.044									0.125	0.175
9	0.113										0.125	0.238
10	1.227										0.125	1.352
11	0.263	0.056									0.125	0.444
12	0.131					0.658					0.125	0.914
13	0.006											0.006
14	2.311										0.125	2.436
15	1.958			0.035							0.125	2.118
16	0.059						0.005				0.125	0.189
17	1.596						0.261				0.125	1.982
18	5.352										0.125	5.477
19	0.000							0.083			0.125	0.208
20	0.105				0.191						0.125	0.421
21	1.162										0.125	1.287
22	1.744										0.125	1.869
23	0.396			0.146							0.125	0.667
24	0.869						0.178				0.125	1.172
25	0.039	0.032									0.125	0.196
26	0.054										0.125	0.179
27	0.497										0.125	0.622
28	0.446										0.125	0.571
29	0.097										0.125	0.222
30	0.243										0.125	0.368
31	1.665										0.125	1.790
32	4.179										0.125	4.304
33	0.463										0.125	0.588
34	0.000								0.046			0.046
35	0.000			0.184								0.184

EDIFICIO	CAUDALES											
	POBLACIONAL	ESPECIALES										TOTAL
		Auditorios	Restaurantes	Cafeterías	Salud	Biblioteca	Laboratorios	Gimnasio	Residencias	Nuevos Edificios	Zonas verdes	
36	0.000											*0
37	0.000											*0
38	0.018											0.018
39	0.000											*0
40	0.000											*0
41	0.000											*0
42	0.000											*0
43	0.034											0.034
44	0.011											0.011
45									1.233			1.233
46									2.877			2.877
47												*0
48									3.000			3.000
49									0.063			0.063
50									0.261			0.261
TOTAL												41.575

* Para algunos edificios la dotación es nula, debido a que estos no serán abastecidos por la nueva red

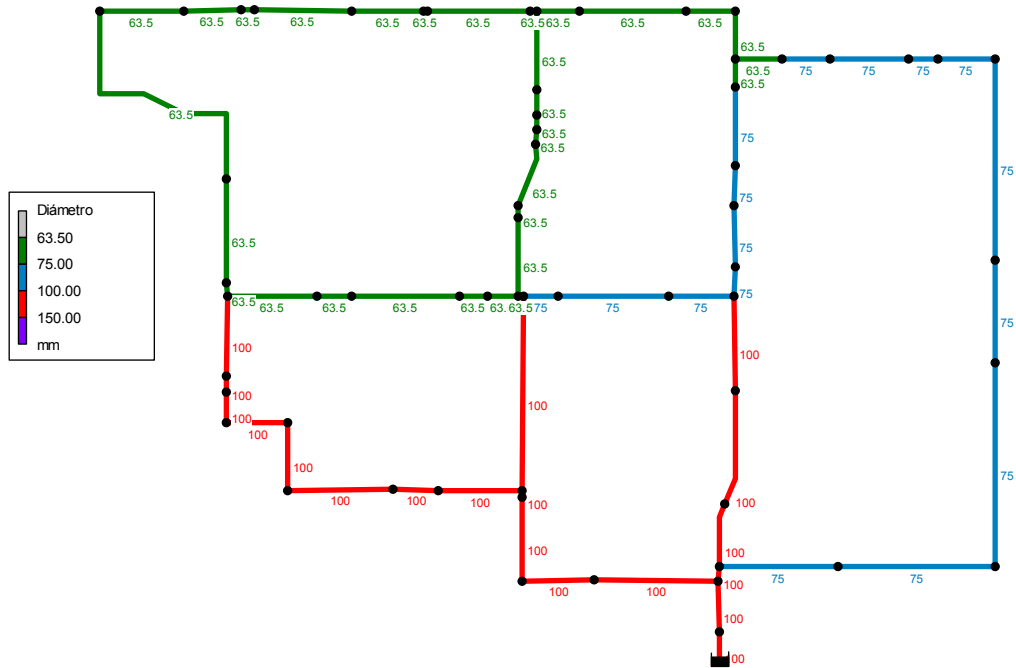
Para poder correr el modelo de la red en el software, se necesita que exista una fuente de alimentación para la red, lo que se debe simular en EPANET como un embalse, según las condiciones de la red y que correspondería a la acometida del acueducto ubicada en la entrada de la Universidad. Este embalse tiene un caudal ilimitado y una presión máxima en el año 2004 de 126 mca (180 psi) (valor sugerido por la Oficina de Planeación).

Se hizo la suposición, que en el año horizonte de este diseño (año 2029) esta presión se reducirá a un valor tal, que solo pueda garantizar en cualquier punto de la red, la presión mínima que exigida por la norma RAS que es de 15 mca. Considerando la configuración de la red y topografía de la Universidad se considera como punto crítico el edificio de Ciencias Humanas. La altura de la lámina de agua en el embalse respecto a su fondo es de 24 m, para la simulación en el año 2029.

Una vez obtenida una presión provisional a la entrada se procedió a correr el programa y a comparar las velocidades y presiones obtenidas con los parámetros establecidos para el diseño de la red. Después de esto, se pasó a ajustar los diámetros para así reducir o aumentar velocidades y presiones hasta obtener una solución que atendiera de manera

satisfactoria el consumo humano e institucional. Esta configuración con los diámetros que satisfacen las condiciones de demandas presiones de diseño esperadas para el año 2029 se puede apreciar en la Figura 1.

Figura 1. Diseño definitivo de la red antes de considerar las hipótesis de incendio



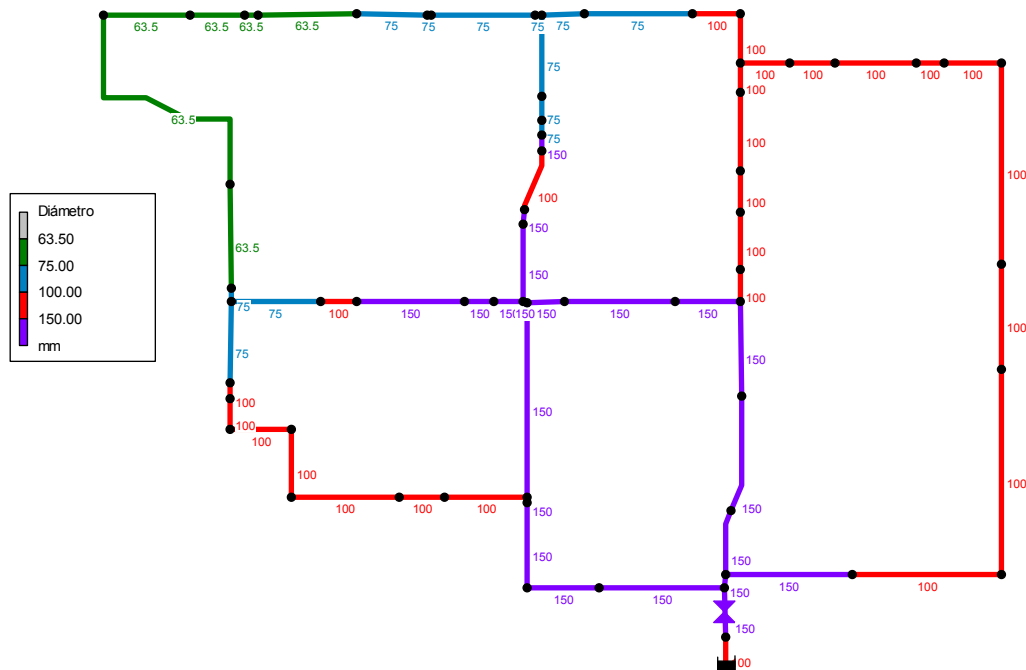
De igual manera, debe también esta red satisfacer todas las condiciones de incendio, y en especial las que por razones de caudal demandado y condiciones topográficas se consideran críticas.

Para el diseño contra incendio las hipótesis consideradas, se exponen en la Tabla 4 “Hipótesis de incendio consideradas en el diseño”. Después de haber simulado en EPANET todas las posibilidades contempladas en la tabla mencionada, se llegó a la conclusión que la condición de incendio número 5, era la más crítica para la red, por lo que los diámetros de la tubería que se consideraban óptimos para el caso de abastecimiento sin demanda para incendio, no lo eran para esta situación. Ellos fueron ajustados hasta poder atender de manera satisfactoria los requerimientos propios de un incendio simultáneo según el criterio 5.

El esquema que se muestra en la Figura 2 corresponde a la configuración definitiva de la nueva red hidráulica de la Universidad

Por último y ya decididos los diámetros definitivos para la red, se procedió a chequear las presiones en la tubería con las condiciones de hoy, pues es hoy cuando se presentan las máximas presiones en la red y los menores consumos.

Figura 2. Diseño definitivo de la red considerando las hipótesis de incendio



La norma RAS establece que la presión de trabajo de la tubería debe ser mayor que la máxima presión estática, que para este caso, corresponde a la diferencia de cotas entre la altura de agua en el embalse y la menor cota que corresponde al edificio Daniel Casas. Esta presión estática para ese sector, es superior a los 14mca ó 200 psi, presión de trabajo de la tubería en PVC con RDE 21, razón por la cual en este diseño se sugiere la instalación de una válvula reductora o reguladoras de presión.

2.8.4 Consideraciones de diseño contra incendio para la red

La norma de RAS en lo referente a caudales contra incendio, dice que la demanda mínima en sistemas de alta complejidad, debe estimarse teniendo en cuenta lo siguiente: *“...Para zonas residenciales densamente pobladas o multifamiliares, comerciales e industriales de municipios con más de 100.000 habitantes, un incendio debe ser servido por cuatro hidrantes y las zonas residenciales unifamiliares deben ser servidas con dos hidrantes en uso simultáneo con capacidad mínima de 10 L/s cada uno.”*

Igualmente en otros de sus apartes dice: *“...sin embargo, se tendrá en cuenta que la presión requerida para la protección contra incendios puede obtenerse mediante el*

sistema de bombas del equipo del cuerpo de bomberos y no necesariamente de la presión en la red de distribución”, No obstante con este diseño se puede garantizar para el año 2029 si se utiliza un solo hidrante se obtenga una presión de de hasta 18 mca en su salida.

Tipo de riesgo

Los tipos de riesgo a que están sometidos los edificios al interior del Campus, dependen de la densidad poblacional dentro de ellos y de la carga combustible de los materiales que se manipulen o almacenen en su interior.

Cada material posee una capacidad de combustión que lo hace más o menos peligroso en caso de incendio. Esta capacidad de combustión es la característica que domina la clasificación del tipo de riesgo. El riesgo de la zona en que se encuentra ubicado cada uno de los hidrantes estipulados para este diseño se puede ver en la Tabla 3 “Ubicación de Hidrantes”

Tabla 3. Ubicación de Hidrantes

UBICACIÓN APROXIMADA DEL HIDRANTE	TIPO DE RIESGO DE LA ZONA	CAUDAL DEMANDADO
Auditorio Luís A. Calvo	2	16 lps
Bienestar Universitario	2	16 lps
Ingeniería Industrial	2	16 lps
Ingeniería eléctrica	2	16 lps
Daniel Casas	2	16 lps
Laboratorio de Pesados	3	32 lps
Ingeniería química	3	32 lps
Biblioteca	3	32 lps
Ingeniería mecánica	2	16 lps
Administración	2	16 lps
Planta Física	3	32 lps
Laboratorio de Postgrados	2	32 lps

Parámetros del diseño contra incendio

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga ha hecho una adaptación de los requerimientos de caudal y presión en caso de incendio, que se encuentran consignados en las normas ICONTEC y NFPA.

Estas normas corresponden a la **Construcción de Sistemas Contra Incendio En Edificios**, mas no al diseño de redes de distribución, en cuyo caso no obliga a suministrar la presión mínima de 38.5 mca de la que habla este cuadro. Dicha presión debe suministrarse mediante una **red interna contra incendio** al interior de cada edificio.

A continuación se presenta una identificación de los tipos de riesgo que se generan en la Universidad y sus requerimientos de caudal y presión.

- **Riesgo Moderado:** Por ser institución educativa y por presentar una densidad mayor a 250 personas/Ha, todos los edificios al interior de la Universidad se clasifican dentro del riesgo moderado a excepción de los que se consideran como de alto riesgo. Este riesgo indica una demanda de caudal en los hidrantes de 16 lps y una presión al interior del edificio de 38.5 mca
- **Riesgo Alto:** Este es el caso de los edificios donde se concentran materiales altamente combustibles como papel, maderas y productos químicos. Este riesgo indica una demanda de caudal en los hidrantes de 32 lps y una presión al interior del edificio de 38.5 mca

Diseño Definitivo

En la siguiente tabla se muestra la formulación de las hipótesis consideradas para la protección contra incendio al interior del Campus principal. De todas las hipótesis contempladas en el diseño, las siguientes se consideran críticas:

- Con mayor probabilidad de ocurrencia: Hipótesis 4 y 5
- Con mayor demanda de caudal y mayores pérdidas por la conducción (mayor recorrido del agua): Hipótesis 5

Después de haber corrido el modelo con todas las hipótesis, se vio que la hipótesis 5 era la que requería de mayores caudales y diámetros de tubería, por eso fue elegida como la más crítica

Tabla 4. Hipótesis de incendio consideradas en el diseño

HIPOTESIS	UBICACIÓN DE LOS HIDRANTES	TIPO DE RIESGO	CAUDAL DEMANDADO
1	Luís A. Calvo Bienestar Universitario	2	16 lps
		2	16 lps
2	Administración Bienestar Universitario	2	16 lps
		2	16 lps
3	Bienestar Universitario Biblioteca Central	2	16 lps
		3	32 lps
4	División de Planta Física Biblioteca Central	3	32 lps
		3	32 lps
5	Biblioteca Central Ingeniería Química	3	32 lps
		3	32 lps

2.9 ANALISIS DE LA RED UTILIZANDO EPANET

2.9.1 Resultados del analisis

Comportamiento de la nueva Red Hidráulica ante condiciones de hoy, año 2004

Presiones en la red

Se presentan en la actualidad las máximas presiones en todos los edificios. En las noches cuando se supone que el consumo es nulo, se presentan presiones que pueden superar la presión de trabajo de 140 mca de la tubería PVC RDE 21, por lo que se hace necesaria la instalación de una válvula reguladora de presión (PRV).

Velocidades

Hoy, un 90% de las velocidades se encontrarían por debajo de 0.18 m/s, pero cada conexión domiciliaria debe tener tuberías de un diámetro tal, que se garantice la velocidad adecuada entre 0.6 y 2 m/s. Es bueno recordar que las velocidades entre 0.60 m/s y 2.0 m/s **se deben garantizar en el horizonte del diseño**, es decir en el año 2029 y no en el año actual.

Situación ante incendio:

Se garantiza que ante la eventualidad de incendio se puedan utilizar dos hidrantes simultáneamente, aún si se estos dos están ubicados en zona de riesgo 3 que tienen un caudal de diseño de 32 lps cada uno. Es posible que con la presión de 180 psi, que se registra hoy a la hoy a la entrada de la red se pueda obtener fácilmente 38.5 mca a la salida de los dos hidrantes. La norma RAS como ya se indicó, únicamente exige que en caso de incendio, se supla con 40 lps repartidos en 4 hidrantes. La presión según esta norma, debe ser suministrada por los carros de bomberos.

Comportamiento de la nueva Red Hidráulica ante condiciones de diseño

Presión en la red

En general el comportamiento en la red es muy bueno, el 94 % de los nodos de caudal presentan presiones por encima de 20 mca, esto considerando que hacia el futuro, la válvula reguladora de presión ya no sea necesaria y por lo tanto deba ser desinstalada. La presión dentro de los edificios disminuirá un poco debido a las pérdidas por la conducción y cambios de dirección de la red de distribución interna. Todo esto es valido si no se presenta una demanda extra para incendio.

Situación ante incendio:

Si se presenta una situación de incendio como la formulada en la hipótesis 5, donde se utilizarían dos hidrantes con un caudal de hasta 32 lps, la distribución de las presiones sería tal, que el 50% de los nudos de caudal registrarían presiones iguales o inferiores a 5mca y solo en el 15 % de ellos se obtendría una presión de 15 mca. Por el contrario, si ocurre un incendio donde solo se utilice un hidrante con una demanda de 32 lps, el 85 % de los nudos de caudal estarían sometidos a una presión mayor o igual que 15 mca lo que significa que el suministro de agua potable en los edificios de la universidad no se vería afectado por la emergencia.

Velocidades:

Se garantiza entonces que para las condiciones de diseño, en más del 80% de la red se presentan velocidades por encima de 0.45 m/s. El 15% presentaran velocidades inferiores a este valor y el 5% presenta velocidades superiores a 2.0 m/seg.

Presión a la entrada

Se presume que la presión a la entrada de la Universidad se reducirá hasta un valor tal que pueda garantizar la mínima presión en la red a la que obliga la normativa. Según la configuración de la red, si esto sucediera la presión a la entrada seria de 24 mca

2.10 ACTIVIDADES DE OBRA Y CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

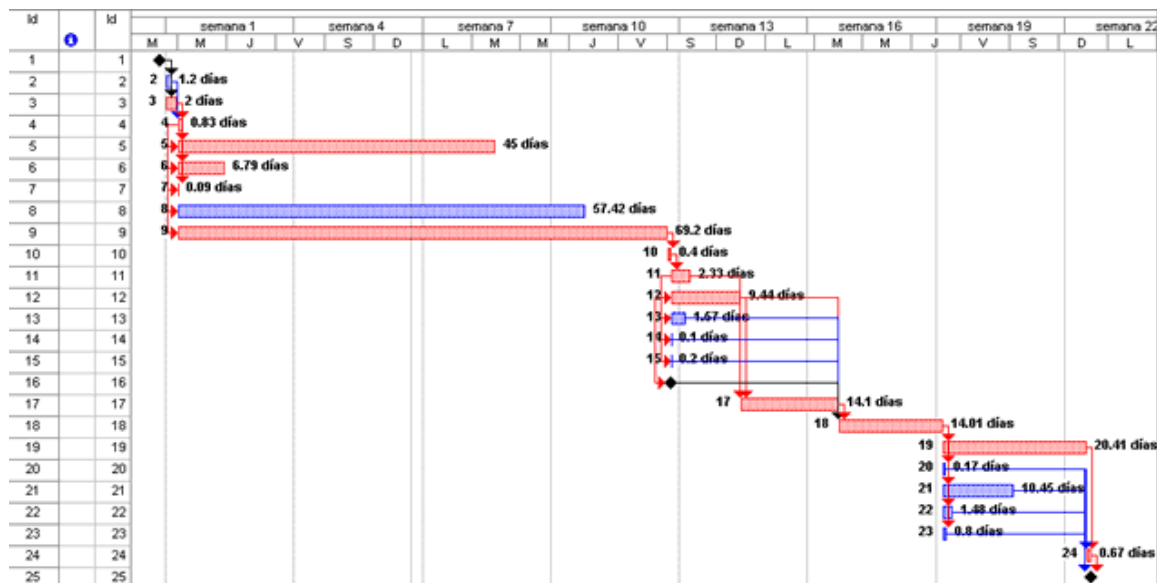
Las actividades de obra en que se puede dividir la construcción de la nueva red hidráulica de la Universidad Industrial de Santander se presentan a continuación en la Tabla 5.

Tabla 5. Actividades de obra para la construcción de la red

ACTIVIDADES DE OBRA PARA LA CONSTRUCCION DE LA RED	
ID	Nombre de la tarea
1	Inicio
2	Campamento 30 m ²
3	Localización y replanteo del eje de tubería
4	Señalización preventiva
5	Demolición de piso en pavimento asfáltico e=0.47 ancho=0.80 m
6	Demolición de piso en concreto 2500 psi e=0.15 ancho=0.80 m
7	Demolición de piso en tablón de gres o similares ancho=0.80 m
8	Retiro y disposición de escombros
9	Excavación a mano en tierra ancho= 0.80 m, h=1.00 m
10	Obras para control de aguas freática
11	Cimentación en material granular para tubería h=0.15 m
12	Suministro e instalación de tubería y accesorios en PVC RDE 21 Union mecánica
13	Suministro e instalación de válvula de corte tipo compuerta RedWhite y accesorios
14	Suministro e instalación de Macro-medidor Tipo turbina clase B Tipo -ECDC 4" y accesorios
15	Suministro e instalación de válvula reguladora y sostenedora de presión BERMAD
16	Empalme de la red con conexiones domiciliarias existentes
17	Suministro e instalación de Hidrante y accesorios (incluye excavación y rellenos)
18	Compactación de rellenos en material común
19	Reparación de pavimento asfáltico con espesor existente
20	Reposición de sardineles
21	Reparación de pisos en concreto de 2500 psi e=0.15
22	Reparación de piso en tablón de gres o similares
23	Reposición de zonas verdes
24	Limpieza general
25	Fin

Igualmente el cronograma estipulado para la construcción de la red hidráulica se obtuvo con la ayuda del software Microsoft Project ®. Se tiene presupuestado que la construcción de la nueva red tendrá una duración total de 22 semanas en jornadas diarias de 9 horas. El diagrama de Gantt para esta obra se presenta en la Figura 3, haciéndose distinción de la ruta crítica del mismo

Figura 3. Diagrama de Gantt para la construcción de la red hidráulica



2.11 PRESUPUESTO

En la tabla 6 se presenta el cuadro de presupuesto final para la construcción de la nueva red de distribución de agua potable en el campus principal de la UIS.

Tabla 6. Costos del proyecto

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA Análisis de precios unitarios para la construcción de la nueva red hidráulica						
DESCRIPCIÓN	UNI	CAN	MATER. Y/O EQUIP		MANO DE OBRA	
			VR. UNIT.	VR. TOTAL	VR. UNIT.	VR. TOTAL
PRELIMINARES						
Campamento	glb	1	\$ 200,000	\$ 200,000	\$ 180,000	\$ 180,000

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA
Análisis de precios unitarios para la construcción de la nueva red hidráulica

DESCRIPCIÓN	UNI	CAN	MATER. Y/O EQUIP		MANO DE OBRA	
			VR.	VR.	VR.	VR.
			UNIT.	TOTAL	UNIT.	TOTAL
Localización y replanteo del eje de tubería	ml	2082	\$ 80	\$ 166,551	\$ 900	\$ 1,873,701
Señalización preventiva	ml	500	\$ 8,175.01	\$ 4,087,503	\$ 0	\$ 0
Cubrimiento de material excavado	ml	500	\$ 2,000	\$ 1,000,000	\$ 0	\$ 0
DEMOLICIÓN DE PISOS Y OTROS						
Demol. pavimento asfáltico e=0.47 a=0.80m	ml	1448	\$ 9,200	\$ 13,318,380	\$ 1,000	\$ 1,447,650
Demol. de piso en concreto e=0.15 a=0.80m	ml	509	\$ 7,200	\$ 3,664,728	\$ 1,000	\$ 508,990
Demol. de tablon de gres a=0.80m	ml	13	\$ 7,200	\$ 96,912	\$ 1,000	\$ 13,460
Retiro y disposición de escombros	m3	574	\$ 0	\$ 0	\$ 13,000	\$ 7,464,366
EXCAVACIONES Y CIMENTACION						
Excavación en tierra ancho= 0.80 m, h=1.00 m	ml	2070	\$ 0	\$ 0	\$ 10,000	\$ 20,699,200
Obras para control de aguas freática	glb	1	\$ 2,500,000	\$ 2,500,000	\$ 200,000	\$ 200,000
Cimentación en material granular h=0.15 m	ml	2082	\$ 2,468	\$ 5,138,937	\$ 1,500	\$ 3,122,835
RED PRINCIPAL						
Materiales en PVC						
Tubería Union mecánica RDE 21						
Sumin. e instal. de tubería de 2 1/2" y accesorios	ml	295	\$ 9,737	\$ 2,868,285	\$ 2,000	\$ 589,160
sumin. e instal. de tubería de 3" y accesorios	ml	296	\$ 11,070	\$ 3,279,582	\$ 2,000	\$ 592,540
sumin. e instal. de tubería de 4" y accesorios	ml	870	\$ 17,611	\$ 15,328,781	\$ 3,000	\$ 2,611,290
sumin. e instal. de tubería de 6" y accesorios	ml	621	\$ 38,226	\$ 23,723,232	\$ 4,000	\$ 2,482,440
Accesorios en PVC RDE 21						
Tee 4"x 4"x 4"	unid.	1	\$ 76,061	\$ 76,061	\$ 0	\$ 0
Tee 3"x 3"x 3"	unid.	1	\$ 44,589	\$ 44,589	\$ 0	\$ 0
Tee 2.1/2"x 2.1/2" 2.1/2"	unid.	1	\$ 27,189	\$ 27,189	\$ 0	\$ 0
Reducción 4"x 3"	unid.	2	\$ 37,057	\$ 74,115	\$ 0	\$ 0
Reducción 4"x 2.1/2"	unid.	2	\$ 34,879	\$ 69,758	\$ 0	\$ 0
Reducción 3"x 2.1/2"	unid.	1	\$ 21,786	\$ 21,786	\$ 0	\$ 0
Codo de gran radio 22.1/2° 6"	unid.	2	\$ 99,980	\$ 199,960	\$ 0	\$ 0
Codo de gran radio 90 ° 4"	unid.	6	\$ 64,595	\$ 387,568	\$ 0	\$ 0
Codo de gran radio 22.1/2° 4"	unid.	2	\$ 40,790	\$ 81,580	\$ 0	\$ 0
Codo de gran radio 90 ° 2.1/2"	unid.	3	\$ 19,818	\$ 59,454	\$ 0	\$ 0
Materiales en Hierro Fundido						
Tee 6"x 6"x 6" HF	unid.	4	\$ 156,600	\$ 626,400	\$ 0	\$ 0
Tee 6"x 6"x 4" HF	unid.	1	\$ 128,876	\$ 128,876	\$ 0	\$ 0
Reducción 6"x 4"	unid.	4	\$ 63,800	\$ 255,200	\$ 0	\$ 0
Válvulas de corte						
Válvulas Tipo compuerta de 4"						
sumin. e instal. de válvula tipo compuerta 4"	unid.	14	\$ 724,020	\$ 10,136,277	\$ 50,000	\$ 700,000
Adaptador macho en PVC 4" RDE 21	unid.	28	\$ 22,537	\$ 631,036	\$ 0	\$ 0
Reducción 6"x 4" en HF	unid.	20	\$ 63,800	\$ 1,276,000	\$ 0	\$ 0
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	14	\$ 23,457	\$ 328,403	\$ 80,000	\$ 1,120,000
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	14	\$ 32,840	\$ 459,760	\$ 0	\$ 0
Válvulas Tipo compuerta de 3"						
sumin. e instal. de válvula tipo compuerta 3"	unid.	3	\$ 305,660	\$ 916,980	\$ 50,000	\$ 150,000
Adaptador macho en PVC 3" RDE 21	unid.	6	\$ 13,920	\$ 83,520	\$ 0	\$ 0
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	3	\$ 23,457	\$ 70,372	\$ 80,000	\$ 240,000

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA
Análisis de precios unitarios para la construcción de la nueva red hidráulica

DESCRIPCIÓN	UNI	CAN	MATER. Y/O EQUIP		MANO DE OBRA	
			VR. UNIT.	VR. TOTAL	VR. UNIT.	VR. TOTAL
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	3	\$ 32,840	\$ 98,520	\$ 0	\$ 0
Válvulas Tipo compuerta de 2.1/2"						
sumin. e instal. de válvula tipo compuerta 2.1/2"	unid.	4	\$ 214,948	\$ 859,792	\$ 50,000	\$ 200,000
Adaptador macho en PVC 2.1/2" RDE 21	unid.	8	\$ 9,099	\$ 72,792	\$ 0	\$ 0
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	4	\$ 23,457	\$ 93,830	\$ 80,000	\$ 320,000
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	4	\$ 32,840	\$ 131,360	\$ 0	\$ 0
Macro medidor o contador						
sumin. e instal. de macro medidor Tipo turbina 4"	unid.	1	\$ 1,007,460	\$ 1,007,460	\$ 250,000	\$ 250,000
Adaptador macho en PVC 4" RDE 21	unid.	2	\$ 22,537	\$ 45,074	\$ 0	\$ 0
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	1	\$ 23,457	\$ 23,457	\$ 80,000	\$ 80,000
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	1	\$ 32,840	\$ 32,840	\$ 0	\$ 0
Válvula reguladora						
Válvula reguladora de presión	unid.	1	\$ 6,960,000	\$ 6,960,000	\$ 300,000	\$ 300,000
Conexiones Domiciliarias						
Empalme con conexiones existentes	unid.	28	\$ 139,000	\$ 3,892,000	\$ 100,000	\$ 2,800,000
SISTEMA CONTRA INCENDIOS						
Hidrantes						
Hidrantes Tipo Milán de 4"						
sumin. e instal. de Hidrante tipo Milán de 4"	unid.	3	\$ 1,786,400	\$ 5,359,200	\$ 350,000	\$ 1,050,000
Union PVC 4" RDE 21	unid.	6	30205	\$ 181,230	\$ 0	\$ 0
Tubería en PVC RDE 21 de 4"	ml	18	\$ 17,611	\$ 308,890	\$ 2,000	\$ 35,080
Tee de 6" x 6" x 4" en HF	unid.	2	\$ 128,876	\$ 257,752	\$ 0	\$ 0
Tee de 4" x 4" x 4" en PVC RDE 21	unid.	1	\$ 76,061	\$ 76,061	\$ 0	\$ 0
sumin. e instal. de válvula tipo compuerta	unid.	3	\$ 724,020	\$ 2,172,059	\$ 30,000	\$ 90,000
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	3	\$ 23,457	\$ 70,372	\$ 80,000	\$ 240,000
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	3	\$ 32,840	\$ 98,520	\$ 0	\$ 0
Demol. de piso en tablón de gres ancho =0.80 m	ml	12	\$ 7,200	\$ 83,088	\$ 1,000	\$ 11,540
Excavación en tierra ancho=0.80 m, h=1.10 m	ml	18	\$ 0	\$ 0	\$ 10,000	\$ 175,400
Reparación de piso en tablón de gres o similares	ml	12	\$ 16,802	\$ 193,891	\$ 4,000	\$ 46,160
Compactación de rellenos en material común	m3	14	\$ 3,551	\$ 49,827	\$ 10,000	\$ 140,320
Hidrantes Tipo Milán de 3"						
sumin. e instal. de Hidrante tipo Milán de 3"	unid.	9	\$ 1,122,880	\$ 10,105,920	\$ 350,000	\$ 3,150,000
Union PVC 3" RDE 21	unid.	18	\$ 18,582	\$ 334,476	\$ 0	\$ 0
Tubería en PVC RDE 21 de 3"	ml	106	\$ 11,070	\$ 1,171,382	\$ 2,000	\$ 211,640
Válvula tipo compuerta sello elástico en HF	unid.	9	\$ 258,390	\$ 2,325,510	\$ 0	\$ 0
Tee de 6" x 6" x 3" en HF	unid.	2	\$ 119,712	\$ 239,424	\$ 0	\$ 0
Tee 4"x 4"x 3" en PVC RDE 21	unid.	4	\$ 44,589	\$ 178,357	\$ 0	\$ 0
Tee 3"x 3"x 3" en PVC RDE 21	unid.	1	\$ 44,589	\$ 44,589	\$ 0	\$ 0
Tee de 2.1/2" x 2.1/2" x 2.1/2" en PVC RDE 21	unid.	2	\$ 27,189	\$ 54,378	\$ 0	\$ 0
Fabric. e inst. de caja en concreto de 0.60 x 0.60	unid.	9	\$ 23,457	\$ 211,117	\$ 80,000	\$ 720,000
Tapa metálica para caja h=0.1 m	unid.	9	\$ 32,840	\$ 295,560	\$ 0	\$ 0
Demol. de piso en tablón de gres ancho =0.80 m	ml	101	\$ 7,200	\$ 730,152	\$ 1,000	\$ 101,410
Excavación en tierra ancho=0.80 m, h=1.10 m	ml	106	\$ 0	\$ 0	\$ 10,000	\$ 1,058,200
Reparación de piso en tablón de gres o similares	ml	101	\$ 16,802	\$ 1,703,858	\$ 4,000	\$ 405,640

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA
Análisis de precios unitarios para la construcción de la nueva red hidráulica

DESCRIPCIÓN	UNI	CAN	MATER. Y/O EQUIP		MANO DE OBRA	
			VR. UNIT.	VR. TOTAL	VR. UNIT.	VR. TOTAL
Compactación de rellenos en material común	m3	85	\$ 3,551	\$ 300,610	\$ 10,000	\$ 846,560
RELLENOS Y COMPACTACIÓN						
Compactación de rellenos en material común	m3	1401	\$ 3,551	\$ 4,975,499	\$ 10,000	\$ 14,011,700
REPOSICIÓN DE PISOS						
Reparación de pavimento						
sumin. e instal. de carpeta asfáltica MDC2 e=0.07	ml	1448	\$ 14,672	\$ 21,239,921	\$ 0	\$ 0
sumin. e instal. de Base granular B200 e=0.15	ml	1448	\$ 8,107	\$ 11,736,388	\$ 2,000	\$ 2,895,300
sumin. e instal. de Subbase granular INVIAS 300	ml	1448	\$ 9,039	\$ 13,085,806	\$ 4,000	\$ 5,790,600
Reparación de pisos en concreto e=0.15	ml	509	\$ 16,802	\$ 8,551,887	\$ 4,000	\$ 2,035,960
Reparación de piso en gravilla y otros	ml	65	\$ 17,579	\$ 1,147,933	\$ 4,000	\$ 261,200
Reparación de piso en gres o similares	ml	13	\$ 16,802	\$ 226,151	\$ 4,000	\$ 53,840
Reposición de zonas verdes	ml	100	\$ 3,312	\$ 330,604	\$ 1,500	\$ 149,730
LIMPIEZA Y ENTREGA						
limpieza general	glb	1	\$ 80,000	\$ 80,000	\$ 300,000	\$ 300,000
VALOR TOTAL DE MATERIALES Y/O EQUIPOS					\$ 192,465,314	
VALOR TOTAL DE MANO DE OBRA			\$ 81,725,912			
VALOR TOTAL M DE O, MATER. Y EQUIP.					\$ 274,191,226	
IMPREVISTOS					4%	
VALOR TOTAL DE LA OBRA					\$ 285,158,875	

2.12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es prudente aclarar que para el cálculo de la población, se hizo una estimación con base en los registros históricos de la misma, pero este crecimiento está íntimamente ligado a las políticas de crecimiento y expansión de los programas académicos por parte de las directivas de la Universidad, razón por la cual la forma y la tasa de crecimiento real de la población estudiantil y de trabajadores podría no ajustarse a la del diseño.

Se sugiere la instalación de una válvula reguladora de presión a la entrada de la Universidad, dado que en las noches se podrían registrar presiones por encima de los 200 psi, que superan la presión de trabajo de la tubería RDE 21, asimismo para proteger la tubería ante la posibilidad de ocurrencia del denominado golpe de ariete.

Se ha llegado al diseño definitivo después de haber simulado todas las hipótesis de incendio. El caso más crítico corresponde a la posibilidad de incendio en la Biblioteca y en el edificio de Ingeniería Química, caso en el que sería necesario la utilización de los hidrantes mas cercanos a cada uno de los edificios de Biblioteca e Ingeniería Química cada uno con un caudal de 32lps. Las presiones en los hidrantes podrían no llegar hasta los 5 mca y en general las presiones en todos los puntos de la red son muy bajas en caso de tal evento. Recordemos que se trata de un evento extremo y con poca posibilidad de ocurrencia.

En la normativa contra incendios que maneja el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, se habla de una presión mínima de 38.5 mca, para los riesgos de incendio tipo 2 y 3. Se debe hacer claridad que esta presión debe ser suministrada por un sistema interno contra incendios que debería tener cada edificio de la Universidad, y de ninguna manera puede ser atendida por la red que según la norma RAS mantiene como mínimo una presión de 15 mca.

Se requiere de manera urgente, la adopción en cada edificio de un sistema de mangueras contra incendio conectadas a la nueva red. Se recomienda igualmente realizar para cada uno de los edificios al interior del Campus, un estudio de riesgo ante incendio, y la adopción de medidas ante tal evento, como puede ser la construcción de una red interna.

En estos momentos al interior de la Universidad muchos edificios poseen una altura igual o superior a los 15 m. si algún día por alguna razón la presión a la entrada se redujera drásticamente hasta llegar solamente a garantizar los 15 mca en la conexión domiciliaria, estos edificios deben adoptar un sistema de bombeo o hidroneumático que le permita el normal suministro de agua a los pisos más altos.

Por último, se deja abierta la posibilidad que en la eventual construcción del Coliseo Deportivo UIS, se pueda ampliar e integrar a la red el tanque enterrado para dicho escenario, para tener una reserva de agua y aprovecharla en el momento en que por alguna razón se suspenda el servicio por la tubería se encuentra en la portería principal, dando la oportunidad de abastecer al campus con la acometida ubicada en la portería de la carrera 30. También sería muy deseable contar con este tanque, debido a la presión extra que nos daría para atender un eventual incendio. Se debe hacer una conexión entre este tanque y la nueva red hidráulica provista de una válvula de rotura de presión, para impedir que algunas tuberías sobrepasen las presiones de diseño cuando este tanque sea integrado al sistema.

3 RESIDENCIA DE OBRA

3.1 MARCO TEÓRICO

3.1.1 Características de la residencia de obra

La residencia de obra debe velar por la correcta ejecución de las obras proyectadas para que estas se ajusten a los contratos y especificaciones técnicas previstas en los diseños. Es la imagen de la empresa o institución, por tanto debe ser capaz de representarla con seguridad y competencia

El residente de obra se ve sometido a una permanente superación personal y a un desafío continuo de sus capacidades y conocimientos; es pieza clave dentro del engranaje general de cualquier empresa constructora. Necesita una sólida formación profesional, un deseo permanente de superación, espíritu de investigación, capacidad organizativa y administrativa, honestidad, educación y buenas costumbres en el manejo y relación con el personal de obra.

Debe estar al frente de las obras para supervigilar la ejecución de las mismas en la forma estipulada de acuerdo a los planos, especificaciones y normas vigentes, que para este caso es el "Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo-Resistentes NSR-98".

3.1.2 Funciones del residente de obra

La organización y marcha de toda obra de ingeniería por pequeña que sea, exige el cumplimiento de una serie de funciones tanto de orden administrativo como técnico. Estas funciones abarcan las siguientes áreas:

- **Administrativa:** revisión de las condiciones contractuales de los trabajadores, programación de presupuestos y solicitudes de material
- **Técnicas:** estudio detallado de planos y especificaciones, definición de sistemas constructivos, formaletería, equipos y materiales a emplear. También debe velar por la adecuada calidad de materiales recibidos en obra

3.1.3 Responsabilidades

Su responsabilidad principal es la de producir una obra bajo las mas altas especificaciones de calidad y al menor costo posible. En general las podemos clasificar en los siguientes aspectos.

- **Aspecto humano:** control de rendimientos de la mano de obra con criterio de calidad, eficacia, justa y oportuna remuneración del personal.

- **Aspecto logístico:** compra y control de calidad de materiales, uso adecuado y económico de los mismos evitando al máximo su desperdicio; control de almacén equipos y herramientas.
- **Aspecto financiero:** buen manejo de los recursos de la empresa

3.1.4 Perfil y características

El aspirante a residente de obra necesita una vocación firme y de dedicación en el trabajo, con la convicción de que la experiencia se obtiene con años de trabajo. Debe desarrollar habilidades para resolver las situaciones normales e imprevistas que se presenten en obra. Dichas habilidades pueden ser:

- **Intelectuales:** para aplicar los conocimientos adquiridos en el momento oportuno.
- **Sociales:** para incorporarse al medio social.
- **Humanas:** para tratar al personal de obra respeto y propiedad.
- **De adaptación:** para asimilar sin problemas las condiciones particulares de cada obra.

3.2 JUSTIFICACIÓN DE LA RESIDENCIA DE OBRA EN LA DIVISIÓN DE PLANTA FÍSICA

Debido a la gran cantidad de obras de remodelación, adecuación y construcción, que se ejecutan la actualidad bajo la dirección de la División de Planta Física, y a las múltiples ocupaciones del único Ingeniero Civil de la misma, es de vital importancia para la oficina contar en todo momento con un representante idóneo en las obras mas importantes bajo su mando y responsabilidad. Dicha representación debe ir en beneficio de la calidad de las obras que se ejecuten sobre la infraestructura física al interior del Campus

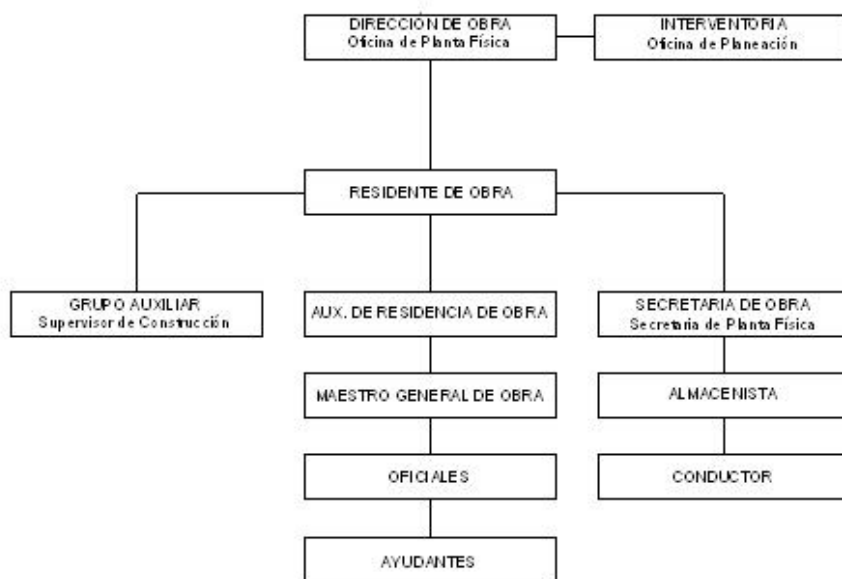
3.3 OBJETIVOS DE LA LABOR DEL RESIDENTE DE OBRA EN LA DIVISIÓN

3.3.1 Objetivos Generales

- Adquirir experiencia en el manejo y trato del personal de obra y en la resolución de problemas que se presentan en la ejecución de obras civiles fundamentando la capacidad de toma de decisiones en tiempo real.
- Obtener habilidades en el trabajo multidisciplinario con las diferentes dependencias interesadas en el buen desarrollo de las obras adelantadas por la División de Planta Física.

La Figura 4 muestra la estructura organizativa dentro de la cual se desarrollaran las actividades de construcción dirigidas por la oficina de planta física en el Campus de la Universidad Industrial de Santander

Figura 4. Estructura organizativa de los proyectos de construcción.



3.4 CONSTRUCCIÓN DE BATERÍAS SANITARIAS EXTERNAS AL EDIFICIO DE BIENESTAR UNIVERSITARIO PARA EL SERVICIO DE COMEDORES

3.4.1 Justificación

Desde su inauguración la infraestructura física del edificio de Bienestar Universitario, no ha sufrido modificaciones. Sin embargo la población estudiantil UIS se ha incrementado de manera acelerada, al punto que hoy el número de estudiantes en pregrado se acerca a los quince mil. Lo mismo curre con los estudiantes usuarios de los servicios de Bienestar Universitario y en especial con los beneficiados del servicio de comedores estudiantiles, que para el año 2002 fueron 1552 personas/día, según las cifras dadas a conocer por la sección de comedores

Por la situación planteada anteriormente y por razones de higiene y salud pública debido al avanzado estado de deterioro y abandono entre otras, se hizo necesaria la construcción de una nueva batería de baños externa al edificio, para permitir el desarrollo de las actividades en un ambiente apropiado.

3.4.2 Objetivos específicos

- Construir dos unidades sanitarias externas al edificio, constatando que su construcción se encuentre enmarcada dentro de los parámetros establecidos en las especificaciones técnicas del proyecto y en la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente (NSR-98), en particular a los establecido en el Título E “Casas de uno y dos pisos” y el Título D “Mampostería Estructural”.

3.4.3 Descripción de las actividades realizadas

La construcción de la batería de baños externa al edificio de Bienestar Universitario para el servicio de comedores, se rigió por los lineamientos establecidos por la norma NSR-98 y especificaciones dadas por el diseñador. Por eso todas las actividades se centraron en corroborar que la construcción de la obra estuviera acorde a las exigencias y recomendaciones consignadas establecidas para tal fin.

La Foto 1 muestra el estado de la obra terminada

Foto 1. Nueva batería de baños para el servicio de comedores



Las principales labores desarrolladas durante la residencia de obra en la construcción de las baterías sanitarias se describen a continuación con el respectivo material fotográfico de apoyo.

- Revisión de la cantidad y estado de los materiales en el momento de su entrega por parte del proveedor, así como la correcta forma de almacenamiento una vez fuesen recibidos.

Foto 2. Algunos materiales empleados



- Comprobar el correcto corte e instalación de la malla electrosoldada y barras de acero utilizadas como material de refuerzo, durante el proceso de construcción de la placa de entrepiso. Igualmente se supervisó la ubicación y buen estado del material de aligeramiento para la placa, que en este caso fue el ladrillo macizo.
- Minucioso seguimiento al proceso de fundición y curado de la placa aligerada de la estructura. Certificando la cantidad y calidad del material recibido en obra y asegurando la continua y correcta humectación del concreto sin llegar a afectar con ello su resistencia final.

Foto 3. Construcción de la placa aligerada



- Acompañar el proceso de armado y posterior fundición de columnetas, vigas de amarre y demás elementos principales de la estructura de la misma manera que

con la placa aligerada. Igualmente se supervisó el proceso de vibrado y desencofrado de los elementos

Foto 4. Armado y fundición de columnas



- Revisar la verticalidad de los muros y correcta instalación de los ladrillos durante el levantamiento de los mismos, insistiéndose en su constante humectación para evitar que estos tomaran el agua del mortero de pega.
- Del mortero de pega se revisó que los materiales utilizados en su elaboración fueran de las especificaciones de calidad requeridas, igualmente este mortero fue mezclado con un aditivo impermeabilizante.

Foto 5. Muro de mampostería



- También se hizo el seguimiento al proceso de instalación de la tubería hidráulica y sanitaria, así como de la interconexión hacia los puntos de alimentación ó estructuras de entrega. Todo ello teniendo en cuenta las recomendaciones hechas por el fabricante, sobre todo en lo que tiene que ver con la unión de los tubos.

Foto 6. Instalación de tubería sanitaria e hidráulica



3.4.4 Observaciones

El concreto utilizado para la fundición de columnetas fue elaborado en la obra, empleando una mezcla volumétrica 1:3:3.; el de la placa aligerada fue pedido de planta para una resistencia a la compresión ($f'c$) de 3000 psi.

La construcción de la batería de baños externos al edificio de Bienestar Universitario para el servicio de comedores, tuvo igualmente el acompañamiento de los estudiantes del curso de Construcción I cuyo profesor era el mismo interventor de la obra.

La fases del proyecto en las que se realizó la residencia comprendió las actividades de fundición de placa de entepiso fundición de columnetas y vigas de cubierta, construcción y enchape de muros, instalación de redes hidráulicas y sanitarias. Actividades realizadas desde el 23 de noviembre y 22 de diciembre de 2003

En la fase de colocación de cubierta, instalación de aparatos sanitarios y acabados finales no se tuvo la oportunidad de participar pues coincidió ello, con las festividades decembrinas e iniciación de actividades en los escenarios deportivos. De dichas actividades en las que no se pudo hacer el respectivo seguimiento, se tiene un registro fotográfico del cual analizado se pudo comprobar su ajuste a las especificaciones y normativa respectiva.

3.5 ADECUACION DE ESCENARIOS DEPORTIVOS

3.5.1 Justificación

Dentro del plan de gestión de las actuales directivas de la Universidad se encuentra contemplado el proyecto integral de adecuación y escenarios deportivos.

Este proyecto tiene el propósito de acercar a la Universidad al cumplimiento de su visión e incluye en sus diversas fases las siguientes obras:

- Construcción de una cancha para la práctica del fútbol de salón, sobre la existente en pavimento asfáltico.
- Construcción de una cancha para voleibol, sobre la antigua cancha de voleibol arena.
- Mantenimiento correctivo de las demás canchas múltiples.
- Cambio de piso de las dos canchas de tenis.
- Recuperación de la pista de atletismo y gramado del estadio 1° de Marzo.
- Construcción de un Coliseo Deportivo para la UIS.

3.5.2 Objetivos específicos

- Ejecutar la labor de residente de obra en la construcción de las canchas de fútbol de salón y voleibol, ubicadas en la zona de escenarios deportivos, contando con la dirección de obra de la División de Planta Física, e interventoría de la Oficina de Planeación Física de la Universidad.
- Revisar que el proceso de construcción de las canchas este acorde a las especificaciones contempladas en los memorias de diseño, los lineamientos trazados por la dirección de obra y sugerencias hechas por el Departamento de Deportes e interventoría de la obra.
- Obtener habilidades en la resolución de problemas que se presentan en la ejecución de obras civiles, fundamentando así la capacidad de toma de decisiones en tiempo real.
- Adquirir experiencia, en el manejo y trato del personal de obra, y en el trabajo multidisciplinario con las diferentes dependencias de la Universidad interesadas en el buen desarrollo de las obras adelantadas por la División de Planta Física.

3.5.3 Descripción de las actividades realizadas

La labor realizada en el proyecto de adecuación y construcción de los escenarios deportivos ubicados en el extremo nororiental del campus principal de la Universidad Industrial de Santander, consistió básicamente en la residencia de obra durante todas las etapas de la construcción las canchas de voleibol y fútbol de salón

Ambas instalaciones deportivas poseen similares especificaciones en cuanto a materiales y proceso constructivo empleado. A continuación se hace una detallada descripción de las actividades a cargo

Construcción de cancha para fútbol de salón

La construcción de esta cancha se hizo sobre la zona que antes ocupaba la antigua cancha de micro-fútbol mostrada en la Foto 7. Este escenario contaba con superficie de juego en asfalto, representando un claro riesgo a la salud e integridad de los practicantes

de este deporte. En la foto 7 se puede apreciar la instalación deportiva antes y después de la obra ejecutada.

Foto 7. Situación antes y después de la construcción de la cancha de fútbol de salón



A continuación se presenta un resumen de las principales actividades realizadas como residente de obra en la construcción de la cancha de fútbol de salón, junto con el respectivo material fotográfico de soporte.

- Calculo de cantidades de materiales: concreto, acero, base granular y formaleta, necesarios para la construcción de la canaleta perimetral de la cancha de fútbol de salón que se muestra en la Foto 9. Esta canaleta cuenta con una sección transversal de geometría rectangular y una pendiente de fondo del 0.5 %.

Foto 8. Algunos materiales empleados en la obra



- Indicación de longitudes de doblamiento y corte, colocación y empalmes del acero de refuerzo de la canaleta perimetral para la captación y conducción de aguas lluvias de la cancha fútbol de salón. Se prestó especial cuidado en la localización y longitud de los empalmes del acero. Igualmente se indico la forma y la secuencia en que debían ser cortadas las varillas, para disminuir al máximo el desperdicio por este concepto.

Foto 9. Detalle canaleta perimetral



- Supervisión del armado de la formaleta para la fundición de la canaleta perimetral de la cancha de fútbol de salón, asegurándose la correcta ubicación verticalidad y estabilidad.

Foto 10. Armado de formaleta



- Ensayo de granulometría del material granular extraído de la cancha de voleibol playa, para decidir su utilización como agregado en la preparación del concreto para la canaleta perimetral. Aprobado su uso, se calculo el porcentaje de triturado con tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " presente en el material extraído, necesario para el diseño de la mezcla volumétrica 1:2:2.1/2 recomendada para la fundición de dicha canaleta.

Foto 11. Material extraído de la cancha de voleibol y posteriormente reutilizado



- Vigilar la correcta disposición y compactación de material de base de las losas de concreto que conforman la superficie de juego. Este material es el mismo que conformaba la superficie de juego.
- Supervisión del armado de la formaleta para la fundición de la superficie de la cancha, utilizando las indicaciones de fundición por parte de la dirección de la obra para evitar la formación de juntas frías, estableciendo un esquema similar al de un tablero de ajedrez con cuadros de 3 x 3 m en su mayoría y 0.10 de altura, cumpliendo así con las recomendaciones para este tipo de obras hechas por Coldeportes en su publicación “Manual de escenarios deportivos” edición 2002.

Foto 12. Esquema de fundición de losas



- Supervisión de la entrega, vaciado y curado de 60 m³ de concreto para la fundición de la superficie de la cancha. Este concreto de 3000 psi fue suministrado por parte de una empresa concretera de la ciudad asegurando de esta manera la calidad del material empleado.

Foto 13. Vaciado y curado del concreto



Construcción de cancha para Voleibol

La construcción de la cancha se hizo en el espacio ocupado por la antigua cancha de voleibol arena. En la Foto 14, se muestra a la izquierda la cancha de voleibol y a la derecha la obra finalizada

Foto 14. Situación antes y después de la construcción de la cancha de voleibol



Las losas que constituyen la superficie de juego de la cancha, al igual que el caso de la cancha de fútbol de salón, tienen en promedio 0.10m de altura y dimensiones máximas de 9m² (3m. X 3m.), también fabricadas con concreto de 3000 psi.

De igual manera que para las obras anteriores, se hace a continuación la descripción de las actividades realizadas:

- Indicación de profundidades de excavación de acuerdo a las pendientes de bombeo indicadas en los planos. Es necesario dar un bombeo mayor a esta cancha ya que no contara con una estructura definida para la recolección de aguas lluvias.

Foto 15. Movimiento de tierras para la construcción de la cancha de voleibol



- Supervisión del proceso de compactación del terreno, utilizando para ello un compactador manual tipo rana una vez comprobadas las pendientes del terreno. En este proceso no fue necesario el empleo de material adicional, ya que el suelo encontrado en la excavación se adaptaba a los requerimientos para el suelo de fundación de las losas.

Foto 16. Compactación del terreno



- Comprobación de la correcta configuración de la formaleta para la posterior fundición de la superficie de la cancha, atendiendo las recomendaciones para de Coldeportes, con el mismo esquema de fundición utilizado para la cancha de fútbol de salón.

Foto 17. Instalación de formaleta para fundición de la superficie de la cancha



- Supervisión de la entrega, vaciado y curado de 62.5 m^3 concreto de 3000 psi., necesarios para la fundición de la superficie de juego. Antes de cada jornada de fundición, se rectificó la estabilidad y correcta colocación de la formaleta

3.5.4 Observaciones

La cancha de fútbol de salón construida en la zona de escenarios deportivos del campus principal de la Universidad posee un área de juego efectiva de 448 m^2 ($16 \text{ m} \times 28 \text{ m}$), cumpliendo así con las dimensiones mínimas exigidas por el Instituto Colombiano del Deporte “COLDEPORTES” en su cartilla de “Manual de escenarios deportivos”

La cancha de voleibol también en concreto, posee una superficie total de 484.5 m^2 distribuidos en un área de juego reglamentaria de 162 m^2 ($9 \text{ m} \times 18 \text{ m}$) y un área de

externa de 19m X 25.5 m, medida que no se ajusta a los requerimientos para este tipo de zonas.

Se utilizó varilla lisa de $\phi 1/2''$ de 25 cm. de longitud espaciadas cada 20cm. en el perímetro de cada losa para permitir el movimiento independiente de cada una de ellas. Dichas losas de idénticas especificaciones constituyen la superficie de juego de las dos canchas tienen una altura promedio de 0.10 m y dimensiones máximas de 9m² (3m. X 3m.), todas ellas fabricadas con concreto de 3000 psi, proveniente de planta mezcladora.

Antes de cada jornada de fundición se humedecía el suelo para favorecer el proceso de fraguado del concreto. Una vez fundidas las losas, se procedía a su curado y al día siguiente era retirada la formaleta para una segunda y última jornada de fundición. En esta instancia ya no se requería del empleo de formaleta ya que las losas y bordillos ya fundidos hacían sus veces.

Este proceso se llevo a cabo en la construcción de las canchas de fútbol de salón y voleibol y el acabado de las superficies hizo utilizando la herramienta apropiada para evitar una superficie muy rugosa que pudiera poner en riesgo la integridad de los deportistas.

3.6 CONSTRUCCION DEL COLISEO DEPORTIVOS UIS

3.6.1 Introducción

La construcción del Coliseo Deportivo UIS, hace parte integral del proceso de transformación de la Universidad de cara al tercer milenio, para alcanzar la visión propuesta para el año 2015. Enmarcada dentro de una estrategia para desarrollar la infraestructura indispensable para el proceso de transformación, con el fin de participar activamente en los procesos de desarrollo regional y nacional en el marco de las perspectivas mundiales de la globalización, la liberalización y la revolución tecnológica

3.6.2 Justificación

El marco de referencia para el proyecto lo conforman la misión, la visión, los objetivos y las políticas institucionales, que son la base y le otorgan direccionalidad al proyecto de desarrollo de la Universidad Industrial de Santander para los próximos años.

El Plan de Desarrollo Institucional 1998-2005 contiene las estrategias (pilares del desarrollo), programas y subprogramas que le permitirán a la institución ejecutar su Proyecto Institucional para alcanzar la visión proyectada para el año 2015.

Dentro de los pilares articulación universidad- sociedad, construcción de la comunidad académica y modernización institucional del mencionado plan de desarrollo, está prevista la reorganización y construcción de espacios para el aprendizaje, la socialización, la

expresión, la recreación, la cultura y la calidad de vida en el Campus universitario en beneficio del bienestar de la comunidad universitaria. Uno de ellos es el Coliseo deportivo de la UIS.

3.6.3 Objetivos generales del proyecto.

- Desarrollar la infraestructura que le permita a la sede de la Universidad Industrial de Santander ofrecer a los integrantes de la Comunidad Universitaria y a los ciudadanos de la región, los escenarios modernos para la difusión del conocimiento, la recreación, la consolidación del espíritu deportivo, así como la conservación y reinterpretación de la cultura.
- Crear espacios formales e informales para la socialización de los propósitos de la misión de la Universidad que garanticen la consolidación de la comunidad universitaria y el mejoramiento del clima organizacional
- La conservación y reinterpretación de la cultura y la participación activa en un proceso de cambio por el progreso y mejor calidad de la vida de la comunidad
- Contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos del Área Metropolitana de Bucaramanga, con la construcción de un escenario de altas calidades y especificaciones
- Construcción del proyecto hoy llamado “Coliseo Competitivo Inter-Universitario y Externo de la UIS” ubicado en el campus central de la sede Bucaramanga.
- Impulsar el desarrollo académico, cultural, político, económico y social de la ciudad y la región, fomentar la participación ciudadana y el acceso a las diferentes expresiones de las particularidades de la región con el objeto de ganar sentido de pertenencia

3.6.4 Objetivos específicos del practicante

- Desempeñar el papel de auxiliar en la residencia de obra para la construcción de las instalaciones del Coliseo deportivo UIS, al igual que la nueva sede administrativa para el Departamento de Deportes UIS, bajo la dirección y responsabilidad de la División de Planta Física y bajo la supervisión de la oficina de planeación UIS.

3.6.5 Descripción de las actividades realizadas

Al comienzo del mes de febrero de 2004, fueron entregados a la División de Planta Física por parte de la Oficina de Planeación Física de Universidad Industrial de Santander, los planos y especificaciones técnicas para la construcción, del antiguo proyecto del Gimnasio Mayor de la UIS.

Se inició entonces, en un proceso de familiarización lectura e interpretación de las especificaciones y los diferentes tipos de planos: estructurales, arquitectónicos, sanitarios e hidráulicos entre otros, demandados para la obra.

Además de esta actividad en oficina, se realizaron otras actividades en el campo relacionadas con este proyecto como lo fueron:

- Localización preliminar de los principales puntos topográficos del antiguo proyecto del Gimnasio Mayor de la Universidad, así como la referenciación de los pozos de inspección para el correcto diseño de los desagües del proyecto.

Foto 18. Localización preliminar del Coliseo Deportivo UIS



- Toma de muestras de suelos para los diferentes ensayos de calidad de los suelos, requeridos por el estudio geotécnico del proyecto. Se tomaron alrededor de 5 muestras por ensayo repartidas principalmente sobre la superficie de zapatas y sitios que por requerimientos del diseño se requiere de una gran capacidad portante del suelo.

Los ensayos practicados a las muestras de suelo fueron: granulometría, límite líquido y plástico, veleta, cono dinámico y barreno. Dichos ensayos fueron realizados en el laboratorio de suelos y pavimentos de la escuela de Ingeniería civil de la Universidad

Foto 19. Apiques sobre el terreno



Foto 20.Extracción de muestras para los diferentes ensayos sobre el suelo



Calculo de cantidades de obra para el coliseo deportivo UIS

A pesar que la obra no se ejecutó durante el desarrollo de la práctica, se realizaron diversas actividades relacionadas con el proyecto, previendo el inminente inicio de la obra, de acuerdo a la urgencia manifestada por el propio Rector de la Universidad.

Después de haber sido aplazado el proyecto por primera vez, y a la espera del nuevo diseño, se realizó por encargo del Ingeniero Civil de la División de Planta Física y tutor de esta práctica, el cálculo de las cantidades de obra para la construcción del coliseo con las especificaciones arquitectónicas del nuevo diseño del mismo y las cuantías manejadas en el diseño estructural anterior. Esto para tener un estimativo, de los costos que pudieran acarrear la construcción del escenario haciéndose una estimación rápida y bastante aproximada de lo que en su concepto, podría representar alrededor del 70 % de los costos totales del proyecto.

Esta actividad consistió básicamente en la estimación del costo aproximado de la obra, calculando la cuantía de los materiales, equipos, herramientas y mano de obra, que se requerían para la construcción de los elementos estructurales del anterior diseño, es decir, el costo unitario por unidad de medida de dichos elementos

Esencialmente se hizo el cálculo de cantidades de obra, para elementos tales como zapatas, columnas, placas aligeradas, placas macizas, vigas y columnetas de amarre de la mampostería estructural del antiguo proyecto.

A continuación se presenta de una manera más detallada u recuento de esta labor

- Calculo de cantidades materiales, tales como concreto, acero de refuerzo (en varillas y malla electrosoldada) necesarias para la construcción de los diferentes elementos estructurales del coliseo.
- Calculo de cuantías típicas de acero de 60000 y 37000 psi, formaleta, aligeramientos,
- Mallas de refuerzo, morteros de nivelación bajo y sobre placa, concreto, morteros de pega de los elementos de entrepiso.

- Modulaci3n y calculo de cantidades de material para la estructura de cimbra; tableros met3licos y de madera, p3rales y cerchas entre otros.
- Calculo de cantidades materiales tales como ladrillo y mortero, para la construcci3n de la mampostería. Estos si ya correspondientes al diseño definitivo.
- Estimaci3n de rendimientos de la mano de obra, y tiempos de ejecuci3n en la construcci3n de los elementos antes mencionados.
- Ubicaci3n en el terreno y taquimetría de los puntos m3s importantes del nuevo diseño del coliseo, esto con el objeto de estimar y planear el movimiento de tierra necesario para su construcci3n.

3.6.6 Observaciones a la construcci3n del Coliseo Deportivo UIS

Cabe destacar que la ejecuci3n de esta obra fue aplazada a 3ltimo momento por decisi3n del seño Rector de la Universidad Industrial de Santander, en raz3n a que no se cumplía con las especificaciones y medidas reglamentarias que para ese tipo de escenarios propone Coldeportes.

El coliseo se sometió entonces a un rediseño por parte de la Oficina de Planeaci3n, con el concurso del Departamento de Deportes de la Universidad, con el fin de aprovechar su experiencia en este campo, para así cumplir con los requerimientos de este tipo de escenarios. Lamentablemente y debido a otros inconvenientes, entre ellos los de índole económica, la construcci3n del coliseo deportivo UIS ha sido ya aplazada en múltiples ocasiones.

El diseño del coliseo ahora denominado “Coliseo Inter-universitario y externo de la UIS” ya finaliz3, pero su construcci3n no será ya, tarea de la Divisi3n de Planta Física, sino que será sometido a un proceso de licitaci3n para su ejecuci3n. En la actualidad se encuentran ya publicados los pre-pliegos de la licitaci3n para su construcci3n.

4 APORTE TECNICO

4.1 INTRODUCCION AL APORTE

Este aporte pretende ser una iniciación al manejo de EPANET, que es una herramienta para el diseño de redes de distribución de agua potable y monitoreo de la calidad de la misma. Desafortunadamente durante el plan de estudios de Ingeniería Civil, no se tiene la oportunidad de aprender el manejo de una herramienta informática para el diseño de redes de distribución de agua potable, de ahí la importancia de este aporte.

La información acerca del manejo del programa, se complementa con la experiencia recogida en el desarrollo de la práctica empresarial en la División de Planta Física de la Universidad, donde se tuvo la oportunidad de participar activamente en el proceso de diseño de la nueva red de distribución de agua potable y contra incendio en su Campus principal. Dicho proyecto fue revisado por la oficina de Planeamiento Físico de la Universidad y se encuentra viabilizado por el banco de proyectos de la UIS, para iniciar su ejecución en el mes de octubre de 2004.

EPANET es un software de libre distribución y uso, que debe ser conocido, aprovechado y explotado por la comunidad académica relacionado con el diseño de redes de distribución de agua potable; máxime cuando se trata de uno de los programas de diseño de redes más difundidos en todo el mundo por su confiabilidad y fácil manejo. Además, cuenta con una versión en nuestra lengua, acorde al sistema de medida internacional SI y con el aval de sus desarrolladores originales.

Con este aporte queda entonces abierta la posibilidad para que todos aquellos que quieran entrar a profundizar en el tema del diseño de redes, utilicen esta herramienta gratuita especializada en la simulación hidráulica de redes y control de calidad de agua.

Se constituye este, en uno de los primeros esfuerzos por mostrar detalladamente la forma como se puede integrar los conocimientos adquiridos durante nuestra formación ingenieril, con el manejo de una ayuda informática muy poderosa pero hasta hace poco desconocida en el entorno académico de la Escuela de Ingeniería Civil de la UIS.

4.2 ALCANCE

Este aporte constituye una herramienta para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander, Ingenieros Civiles y demás profesionales similares, que deseen diseñar para fines académicos u otros, pequeñas redes de distribución de agua potable con la ayuda del software EPANET.

No está de más recordar, tal y como ocurre en todos los campos del ejercicio profesional, que el diseño de sistemas de acueducto en general, y de redes de distribución en particular, deben cumplir con los parámetros establecidos en la normativa pertinente.

Actualmente, la Resolución N° 1096 del 17 de Noviembre de 2000 del Ministerio de Desarrollo Económico “REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO RAS – 2000” mas conocido como la norma RAS, es la que regula este tipo de diseños.

4.3 GENERALIDADES DE EPANET

4.3.1 Origen

La versión original del programa está en idioma inglés y fue desarrollado por el Laboratorio de Investigación Nacional para la Gestión de Riesgos (National Risk Management Research Laboratory) de la *U.S. Environmental Protection Agency* (EPA).

La versión manejada en el diseño de la nueva red hidráulica de la UIS y en el aporte técnico, es la versión en español EPANET 2.00.10 de libre distribución y uso aparecida en Julio de 2002, y desarrollada por el Grupo de Redes Hidráulicas y Sistemas a Presión (REDHISP) perteneciente al Instituto de Ingeniería del Agua y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia (España). Versión que fue desarrollado bajo la revisión técnica y administrativa de la EPA manteniendo compatibilidad total con la versión inglesa, tanto a nivel de ejecución como a nivel de datos.

Nació de la necesidad de monitorear espacial y temporalmente la calidad del agua una vez se introduce en la red de distribución. Esto debido a todas las posibles reacciones que pueda tener el agua con sustancias extrañas en ella presentes o las que se pueden introducir

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.

4.3.2 Descripción y características

EPANET esta orientado al análisis del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de suministro a presión de los sistemas de distribución de agua, permitiendo la simulación en periodos prolongados para conocer el comportamiento de la red conforme se modifican los consumos a lo largo del periodo.

EPANET permite estudiar fenómenos relacionados con la calidad del agua tales como: la mezcla de agua de diversas fuentes y seguramente con calidades distintas, el fenómeno de envejecimiento del agua mientras discurre por red o durante su almacenamiento, la pérdida de cloro residual, el crecimiento de los subproductos derivados de la cloración o el avance de un contaminante que se introduce en ella, entre otros.

EPANET es un programa de computador que realiza simulaciones en periodos prolongados o no, del comportamiento hidráulico y de la calidad del agua en redes de

suministro a presión. Esta versión en español adopta las unidades del Sistema Internacional (SI) por defecto, y no tiene límite en cuanto al tamaño de la red que puede simularse. Puede calcular las pérdidas mayores o por fricción mediante las fórmulas de Hazen- Williams, de Darcy-Weisbach o de Chezy-Manning; de igual manera contempla el cálculo de pérdidas en codos, accesorios, etc. mas conocidas como pérdidas menores o por cambios de dirección.

Permite además, considerar varios tipos de válvulas, tales como válvulas de corte, de retención, y reguladoras de presión o caudal. Admite depósitos de geometría variable (*tanques cuyo diámetro varíe con la altura*), también permite considerar diferentes tipos de demanda en los nudos, cada uno con su propia curva de modulación en el tiempo

Cuenta con una interfaz gráfica en el entorno Delphi, que permite al usuario un fácil manejo y visualización de los datos de entrada y rápido análisis de los resultados y maneja un algoritmo de cálculo de última generación redactado en lenguaje C.

4.4 MANUAL DE EPANET 2.00.10

4.4.1 Descripción de la red de ejemplo

El modelo ejemplo para este trabajo es la nueva red de distribución de agua potable de Universidad Industrial de Santander.

Ya que se trata de una red de distribución externa, que se empalmara con las actuales conexiones domiciliarias de cada edificio, cada uno de los nudos está ubicado en los sitios donde se hará dicha acometida. Este modelo cuenta con un total de 58 nudos, 37 de ellos con demandas no nulas y los restantes con caudales nulos.

Los nudos con demandas diferentes de cero representan el caudal que requiere cada edificación al interior del Campus, dato obtenido del estudio de la población, dotación y demandas especiales. Las demandas que presenta cada nudo de la red corresponden al caudal producto de la población calculada por medio del método aritmético por la dotación para cada tipo de uso, más los otros consumos especiales. Algunos de estos nudos representan igualmente edificios que no se encuentran construidos, pero a los cuales se les ha hecho una provisión que corresponden a los valores consignados en las memorias de diseño y que corresponden a los caudales para consumo humano y su red interna contra incendios

En el caso de otros nudos que cuentan con valores de demanda nulos, estos se han introducido al modelo con el único objetivo de interconectar los distintos tramos de tubería y de definir los perfiles del trazado de la red. Este procedimiento se constituye en la forma más útil de definir el alineamiento de la tubería.

Por ultimo para la simulación contra incendios, se han incorporados uno nudos adicionales para analizar las distintas hipótesis de incendio planteadas en el diseño. Estos

nudos tienen demandas de 16 o 32 lps según el riesgo de la zona donde se encuentran ubicados.

La red tiene un horizonte de diseño de 25 años, tal y como lo sugiere la norma RAS para redes de distribución secundarias en sistemas de alta complejidad.

Cuenta igualmente con un embalse a la entrada con un nivel de agua de 24m, que simula el suministro constante por parte de la Compañía del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (a.m.b). Esta altura de agua es la que garantiza que en cualquier punto de la red la presión mínima sea de 15 mca Este valor de presión es el que establece la norma RAS en el caso de redes de distribución de sistemas de acueducto de alto nivel de complejidad, caso este el del municipio de Bucaramanga.

En la actualidad, se han registrado presiones en distintos puntos de la red existente de hasta 126 mca (180 psi. mca), que sumado a la diferencia de cotas entre la portería de la carrera 27 y el edificio Daniel Casas o de música que es de 20m, supera la presión de trabajo de la tubería elegida en el diseño que es PVC Tipo Union Mecánica RDE 21 con presión de trabajo de 200 psi. Por esta razón la red también cuenta con una válvula reductora de presión en uno de los tramos iniciales del sistema. Esta válvula se le ha adicionado al sistema para lograr una significativa reducción en la presión sobre la tubería, evitando así su daño cuando sobre esta actué la presión estática máxima o el fenómeno denominado golpe de ariete. Es posible que hacia el futuro esta válvula deba ser retirada de la red cuando ya la presión a la entrada de la universidad haya disminuido notablemente.

No se han incorporado al modelo de la red tanques reguladores puesto que no existen, solo existen tanques de almacenamiento para algunos edificios. Se tiene planeado dentro del proyecto del Coliseo Deportivo UIS, la construcción de un gran tanque enterrado que pueda interconectarse a la nueva red para alimentarla en caso de quedar fuera de servicio. Además dada su altura respecto del sistema, este tanque proporcionaría una presión adicional a la red para ser aprovechada en caso de incendio.

Su configuración es la de una red cerrada con un trazado tipo malla, con el objetivo de regular presiones y caudales, y permitir que el agua recorra distintos caminos para llegar a un mismo punto, en caso de ser necesario el cierre de alguno algunos tramos de la red. Se divide en 5 submallas distribuidas a través de las principales vías carretables y peatonales de la Universidad.

4.4.2 Preliminares

Antes de proceder al dibujo de la red en el modelo, para la posterior simulación con la ayuda del EPANET, es recomendable haber definido antes su trazado definitivo y perfil, habiendo evaluado las distintas alternativas para ello. Hasta este momento se supone que se han aplicado las recomendaciones y normativa correspondiente para el trazado de la red. Debemos recordar que existen unas profundidades mínimas para la instalación de tubería, así como unas pendientes mínimas para su trazado.

Figura 5. Planta general de la nueva red hidráulica de la UIS

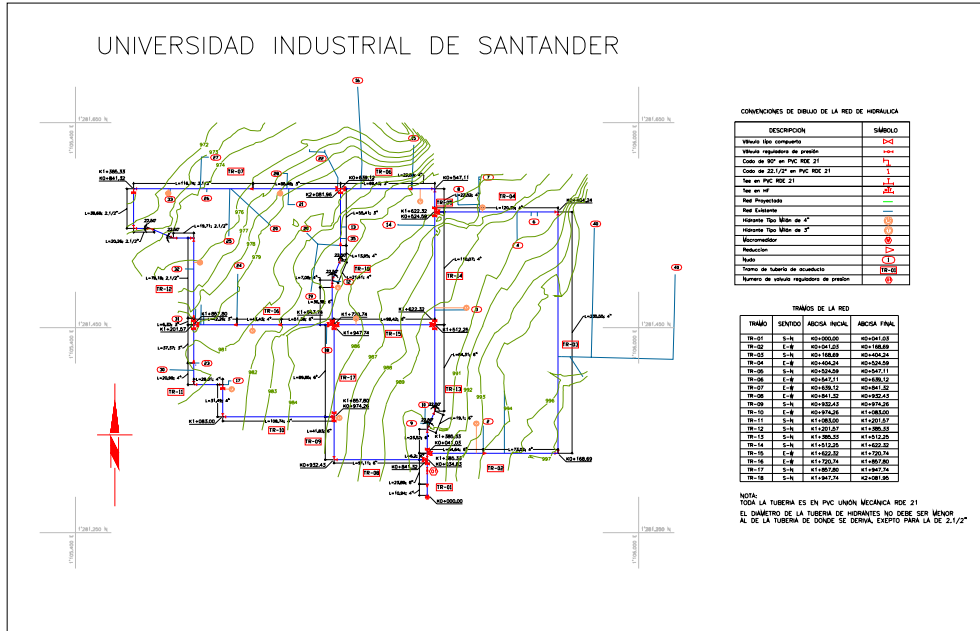
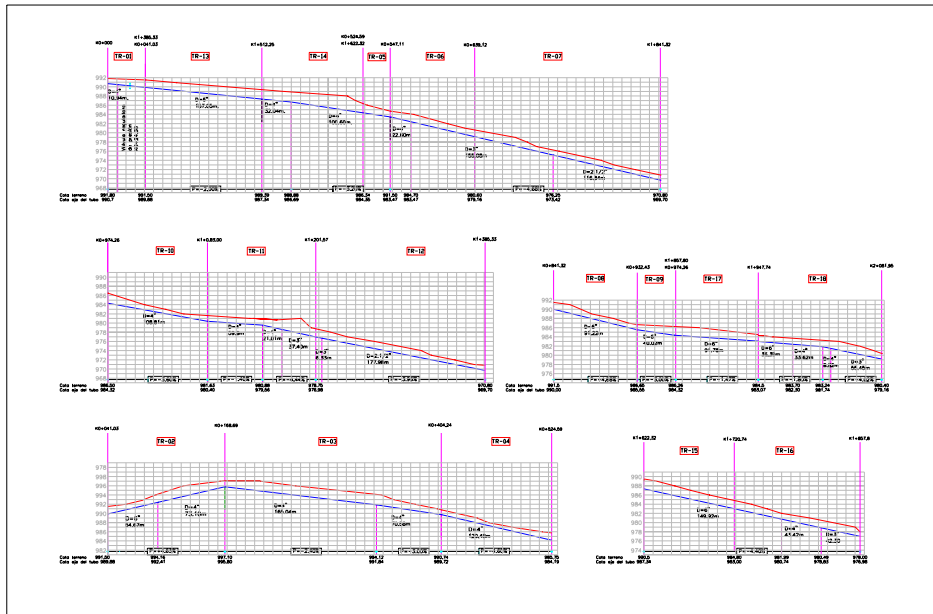


Figura 6 Perfil de la nueva red hidráulica de la UIS



En las figuras 5 y 6 se presentan los planos definitivos en planta y perfil pertenecientes al proyecto de la Nueva Red Hidráulica y contra incendio en el Campus principal de la Universidad Industrial de Santander. Esta red servirá como ejemplo para la introducción al manejo del EPANET.

4.4.3 Exportar mapa de fondo

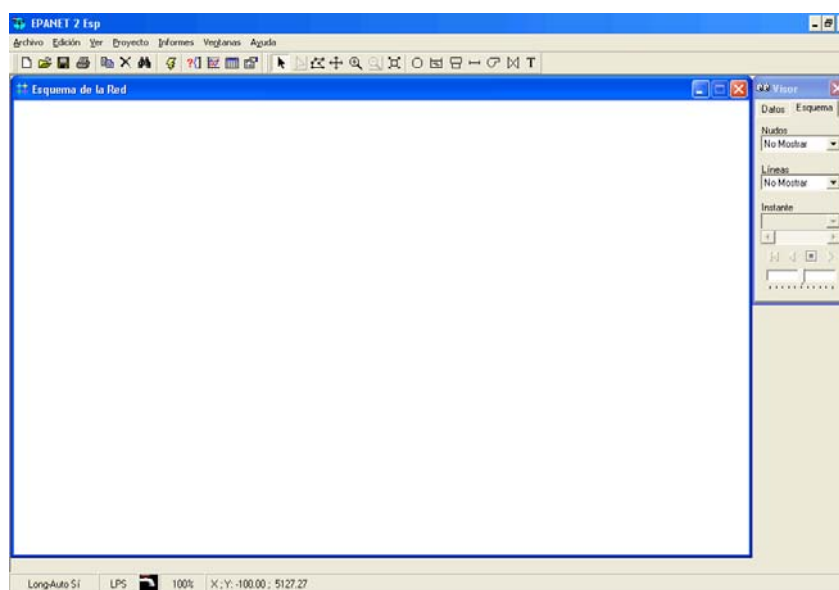
Afortunadamente, el software se puede combinar con otros programas de computación para facilitar la entrada de datos al modelo. Una de estas ventajas es la de poder trabajar con un mapa de fondo. Este mapa se puede utilizar para guiar el trazado de la red de manera esquemática o con longitud real. En el caso del diseño de la red hidráulica de la UIS, se exportó el plano mostrado en la figura 5 con algunas modificaciones para facilitar el trazado de la red. Estas modificaciones son principalmente ocultar las capas del dibujo que no son absolutamente necesarios, como cuadros de convenciones, curvas de nivel entre otros.

El mapa de fondo se puede exportar desde un programa de diseño asistido por computador CAD, el formato puede ser .dxf (drawing exchange file), .bmp (bits map) o .wmf (Windows meta file). En este caso se exportó en formato .wmf utilizando el programa Autocad 2000 ©.

4.4.4 Abrir o ejecutar el EPANET

Para abrir el programa EPANET basta con hacer un doble click sobre el icono de acceso directo creado automáticamente durante su instalación. También se puede encontrar en inicio-programas EPANET 2.00.10. Una vez abierto el programa tendrá una apariencia como la mostrada en la Figura 7.

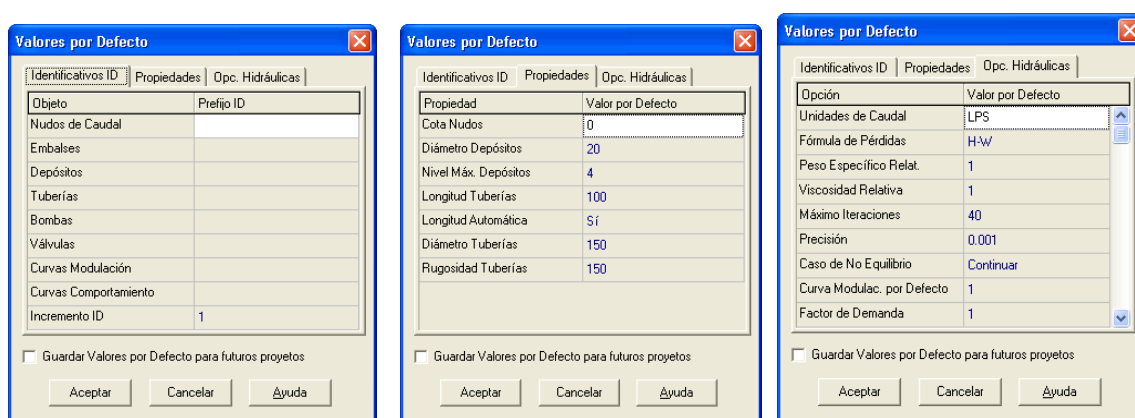
Figura 7 Pantallazo inicial del EPANET 2.00.10



4.4.5 Definición de sistema de unidades y valores por defecto

Una vez abierto el programa es aconsejable definir el sistema de unidades y el método de cálculo hidráulico. Cuando se definen la unidad de medida del caudal, el sistema de unidades para el proyecto queda definido automáticamente. En el menú *Proyecto >> Valores por Defecto*, abrimos las ventanas mostradas en la Figura 8 y definimos los valores por defecto para los Identificativos ID, Propiedades y Opciones hidráulicas. Si se desea guardar estas opciones para futuros proyectos, chequear la casilla *Guardar Valores por Defecto para futuros proyectos* que aparece en la parte inferior de la figura.

Figura 8. Definición de unidades y método de cálculo



Opciones hidráulicas. En nuestro caso de ejemplo, se ha tomado como unidades de caudal litros/segundo y como método de cálculo H-W que significa que la ecuación de Hazen Williams será empleada para el cálculo de perdidas mayores o por fricción. Por haber definido el caudal en unidades métricas, automáticamente se implantan las unidades del sistema internacional SI para los demás parámetros, es decir: longitudes y cotas en metros, velocidades en metros/segundo, presiones en metros de columna de agua mca y diámetros en mm.

Identificativos ID: dejaremos que el incremento de ID se haga de 1 en 1 para que la numeración de los nudos y líneas sean consecutivos conforme se vayan insertando y comenzando en uno. Como lo comprobaremos mas adelante, en este modelo será de mucha utilidad esta forma de numeración.

Propiedades: gracias a la herramienta “Longitud automática”, EPANET calcula la de manera autónoma la longitud de los distintos tramos de la red, una vez dibujados y cargados un mapa de fondo. De esta manera el programa nos facilita la entrada de los valores de longitud de la tubería. Debemos estar seguros de que la opción de longitud automática (esquina inferior izquierda del esquema) esté activa. Los diámetros de la tubería pueden también ser definidos por defecto en el programa, pero por tratarse de un diseño, es el usuario, el encargado de hacer un predimensionamiento y posterior optimización según sus conocimientos y requerimientos del proyecto.

El valor del coeficiente de rugosidad C generalmente esta dado por el fabricante, sin embargo estos valores deben ser comparados con la normativa vigente y considerar su valor corregido a causa de su envejecimiento. EPANET dentro de su ayuda, sugiere unos valores de rugosidad para los distintos tipos de tubería y formulas para el cálculo de perdidas como se muestra la Figura 9. En este diseño se trabajo con la formula de Hazen-Williams y con tubería en PVC, por lo que el valor utilizado para el coeficiente C será de 150.

Cabe anotar que los valores por defecto definidos en este paso son modificables. Sin embargo una vez definidas las unidades de caudal, estas podrán ser modificadas, pero el valor de los parámetros no será actualizado. Por ejemplo si se definió como unidades de caudal LPS (litros/segundo) y ya se editaron las demandas en los nudos, si se cambia a M3D, los valores de la demanda mantendrán el valor numérico antes definido.

Figura 9. Valores de rugosidad sugeridos por el software

Material	C - Hazen-Williams (universal)	ϵ - Darcy-Weisbach (mm)	n - Manning (universal)
Fundición	130 - 140	0,25	0,012 - 0,015
Hormigón o revest. de hormigón	120 - 140	0,3 - 3,0	0,012 - 0,017
Hierro Galvanizado	120	0,15	0,015 - 0,017
Plástico	140 - 150	0,0015	0,011 - 0,015
Acero	140 - 150	0,03	0,015 - 0,017
Cerámica	110	0,3	0,013 - 0,015

4.4.6 Guardar el proyecto

Después de haber definido los valores por defecto y antes de proseguir es necesario guardar el proyecto. La extensión que identifica la red dibujada en EPANET es *.net.

Figura 10. Guardar proyecto



4.4.7 Importar mapa de fondo

Ahora vamos a describir el procedimiento para importar el mapa de fondo. Como consejo, cuando el mapa de fondo sea originado desde Autocad®, debemos enmarcar el plano mediante un rectángulo del que debemos conocer las coordenadas exactas de sus vértices, ya que mas adelante serán pedidas por el programa para la calibración del mapa. En la Figura 11 vemos el plano que usaremos como mapa de fondo y el recuadro que lo delimita con sus respectivas coordenadas.

Una vez exportado el mapa y antes de abrirlo, procedemos a delimitar en EPANET las coordenadas del recuadro que contiene el mapa que vamos utilizaremos como fondo. Seleccionamos la opción *Ver >> Dimensiones* en el menú principal; enseguida se abrirá la ventana “Dimensiones del Área de Dibujo” mostrada en la figura 12, en donde introduciremos las coordenadas del recuadro que delimita nuestro plano.

Figura 11. Exportar un mapa desde un programa CAD

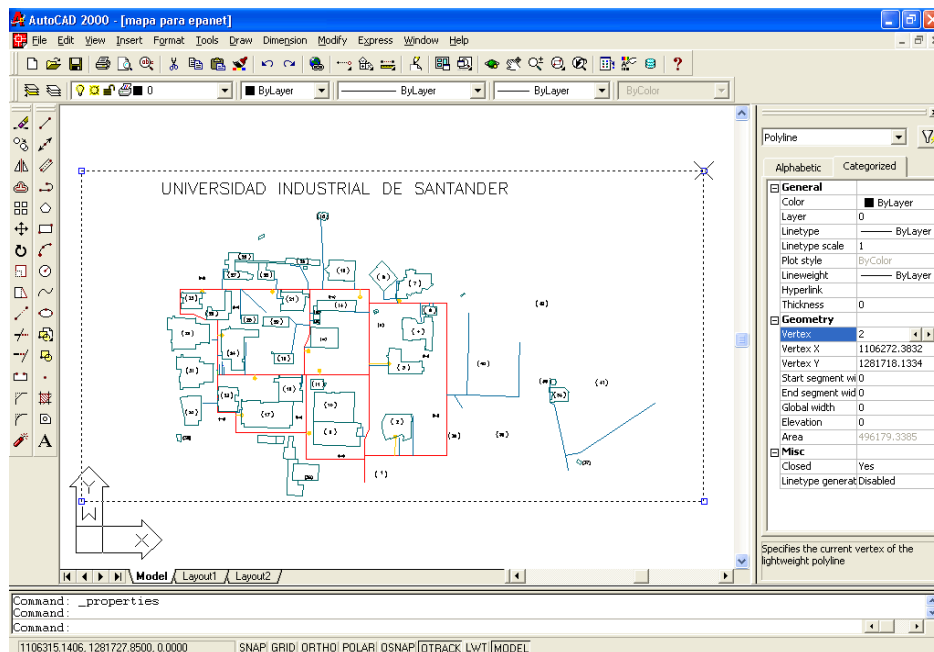
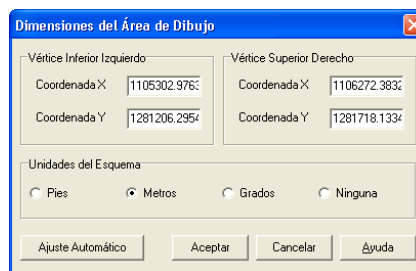


Figura 12. Introducción de coordenadas para el mapa de fondo



Esta es la forma de calibrar el mapa de fondo que utilizaremos en este ejemplo y que fue utilizado en el diseño en mención

Ya se describió la forma como se exporta desde un programa CAD el mapa de fondo, y la forma de calibrar el mapa para ser usado en la construcción de la red. Ahora en la Figura 13, se puede apreciar la ventana de dialogo correspondiente para la importación del mapa. Igualmente, el mapa de fondo ya cargado lo podemos apreciar en la Figura 14.

Figura 13. Abrir un mapa de fondo.

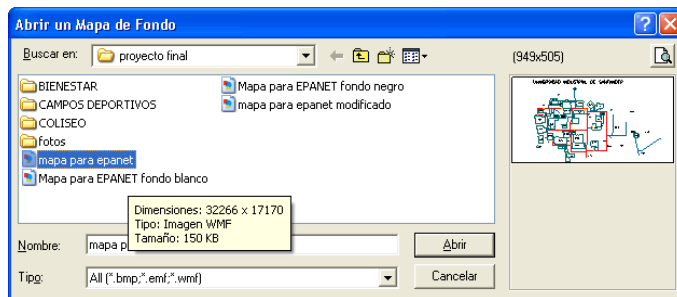
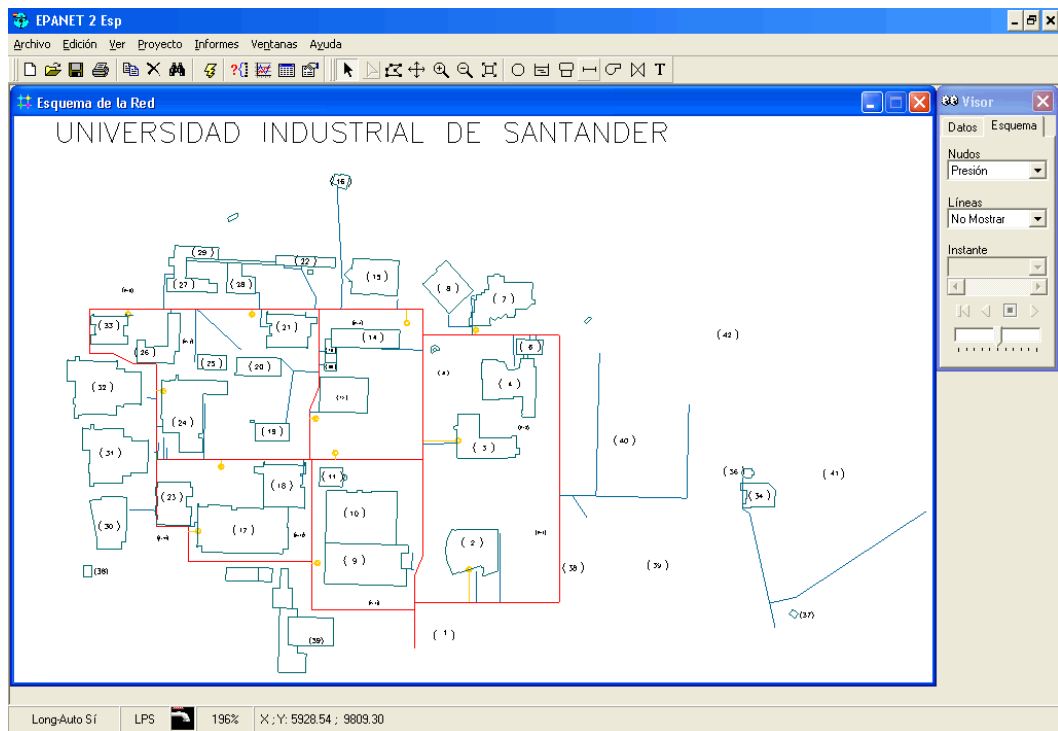


Figura 14. Mapa de fondo para EPANET




Antes de comenzar con el dibujo de la red, es bueno hacer claridad sobre la forma como el programa maneja los objetos. Para EPANET el modelo esta compuesto por dos tipos de objetos: componentes físicos y los no físicos con las respectivas definiciones hechas por el programa.


4.4.8 Componentes físicos de la red


Dentro de la categoría de objetos físicos tenemos dos tipos de objetos: nudos y líneas.

Nudos

En esta categoría se encuentran los nudos de caudal, depósitos o tanques y los embalses


Nudos de Caudal:  “son los puntos de la red donde confluyen las tuberías o bien sus extremos, y a través de ellos el agua entra o sale de la misma (también pueden ser solo puntos de paso)”.

Embalses:  “son nudos que representan una fuente externa de alimentación de capacidad ilimitada, o bien un sumidero de caudal, se utilizan para modelar elementos como lagos, captaciones desde ríos, acuíferos subterráneos, o también puntos de entrada a otros subsistemas”.


Los Depósitos:  “son nudos con cierta capacidad de almacenamiento, en los cuales el volumen de agua almacenada puede variar con el tiempo durante la simulación”. El nivel del agua de estos depósitos debe oscilar entre el nivel mínimo y el nivel máximo. El programa cierra la salida del agua del depósito cuando está a su nivel mínimo y cierra la entrada de agua cuando está a su nivel máximo

Líneas

En esta categoría podemos encontrar entre otros a las tuberías, las bombas y las válvulas de control

Las Tuberías:  “son líneas que transportan el agua de un nudo a otro. EPANET asume que las tuberías están completamente llenas en todo momento, y por consiguiente que el flujo es a presión. La dirección del flujo es siempre del nudo de mayor altura piezométrica (suma de la cota más la presión, o bien energía interna por unidad de peso) al de menor altura piezométrica”.

Las Bombas:  “son líneas que comunican energía al fluido elevando su altura piezométrica”.

Las Válvulas:  “son líneas que limitan la presión o el caudal en un punto determinado de la red”

4.4.9 Componentes no físicos de la red

Dentro de esta categoría se encuentran las prestaciones más importantes de EPANET. Además de los componentes físicos ya mencionados, el programa utiliza tres tipos de componentes complementarios llamados no físicos que tienen como fin describir el comportamiento y modo de operación del sistema, son ellos: las curvas de comportamiento, las curvas de modulación y las leyes de control.

Curvas de Comportamiento

“Las curvas de comportamiento (o curvas simplemente) son objetos que contienen pares de datos ordenados, los cuales representan una relación entre dos magnitudes”. En un modelo de simulación utilizando EPANET se pueden presentar los siguientes tipos de curvas:

Curvas Características: Son útiles para describir relaciones entre las variables de un elemento, por ejemplo: la curva de característica de una bomba centrífuga que representa la variación del caudal bombeado respecto a la altura a la que se eleva el agua. En este programa se puede construir curvas con uno o tres puntos dependiendo del nivel de precisión requerido.

Curvas de Rendimiento: *“La Curva de Rendimiento de una Bomba relaciona el rendimiento, en tanto por ciento (eje Y), con el caudal de paso, en las unidades elegidas (eje X)”.* Se utiliza únicamente para el cálculo de energía consumida por ella durante las diferentes condiciones de operación, cálculo que es muy útil para decidir la viabilidad de una estación de bombeo por los costos que ello genera.

Curvas de Cubicación de un depósito: *“relaciona el volumen de agua almacenado, en metros cúbicos, con el nivel de agua en el mismo, en metros (pies) (eje X). Se utiliza, en caso necesario, para representar con mayor precisión el comportamiento de los depósitos cuya sección transversal varía con la altura”.* Esto es útil en el diseño de las cortinas de embalses, en donde debemos conocer la curva elevación volumen acumulado.

Curvas de Pérdidas: *“Una Curva de Pérdidas se utiliza para relacionar la pérdida de carga a través de una Válvula de Propósito General, en metros o en pies (eje Y), con el caudal de paso, en las unidades de caudal elegidas (eje X). Permite modelar componentes y situaciones en las cuales existe una relación única entre el caudal y la pérdida de carga, como válvulas reductoras de presión controladas por caudal, turbinas o curvas de descenso dinámico de un pozo”.* Este puede ser el caso de simulación de un medidor domiciliario o de una macro medidor como puede ser el caso del nuevo contador de la Universidad que deberá tener una capacidad máxima de 150 m³/h.

Curvas de Modulación

“Las Curvas de Modulación (o Patrones), son una secuencia de factores multiplicativos que, aplicados sobre un valor base, hacen que éste varíe con el tiempo”. Este es el caso típico de las curvas de variación de la demanda asociadas a los nudos. Recordemos que en el caso del servicio de agua potable, su consumo no es uniforme a lo largo del día, existirán unos momentos de consumos máximos generalmente entre las primeras horas

de la mañana y en las horas antes y durante el mediodía, y otros momentos donde el consumo llega a ser mínimo generalmente en las primeras horas del día o madrugada.

Leyes de Control

“Las Leyes de Control son reglas que determinan el modo de operación de la red durante la simulación. Controlan el estado de determinadas líneas de la red en función del tiempo, de los niveles en los depósitos y de las presiones en puntos de referencia de la red”.

Las leyes de control que maneja este programa se pueden clasificar en dos categorías a saber:

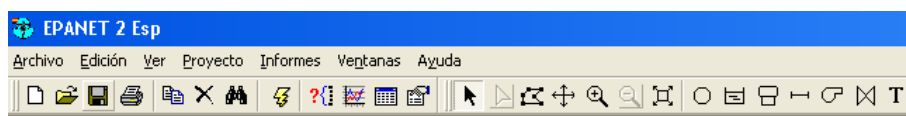
Leyes de Control Simples: *“las leyes de control simples cambian el estado o la consigna de una línea en base a: el nivel de agua en un depósito, la presión en un nudo, el instante de la simulación o la hora del día”.* Esta es la herramienta que permite el funcionamiento de elementos tales como la válvula reguladora de presión, cuyo valor de consigna es el que regula su funcionamiento. Por ejemplo, como se explicará más adelante, para la válvula reguladora de este diseño se estableció como valor para la consigna 88.2 mca, que es valor al que se quiere reducir la presión a la entrada del sistema.

Leyes de Control basadas en Reglas: *“las leyes de control basadas en reglas, permiten controlar el estado de las líneas o las consignas en base a una combinación de situaciones que pueden darse en la red, una vez calculado inicialmente el estado de la misma para el intervalo en curso”.* Esta herramienta es la que controla el funcionamiento de los distintos elementos de la red. Por ejemplo se puede automatizar en el modelo en que deben entrar en operación las maquinas de una estación de bombeo, así como el momento en que debe cerrarse la entrada de agua a un tanque de almacenamiento pues este ya alcanzo su máxima capacidad, etc.


4.4.10 Trazado de la red


Con estas aclaraciones, estamos ya en capacidad de construir la red haciendo uso del cursor del mouse y de los botones de la Barra de Herramientas del Esquema, la cual se muestra a continuación; si la Barra no aparece se puede activar en el menú *Ver >> Barra de herramientas >> Esquema*).

Figura 15. Barra de herramientas (botones) y de menús (letras)



Introducción de nudos al modelo

Primero que nada debemos dibujar el embalse que se constituirá en la fuente de alimentación del sistema. Pulsamos el botón “Añadir Embalse” , y a continuación con el ratón los ubicamos sobre el área de dibujo.

Ahora añadiremos los nudos de caudal. Pulsamos el botón “Añadir Nudo de Caudal”  y marcamos con el ratón sobre cada uno de los puntos que para este ejemplo pueden representar la conexión a la red interna de cada edificio, el cambio de pendiente en el alineamiento o simplemente la derivación de otro tramo, tal y como se muestra en la Figura 17.

En el caso del diseño de la red de la UIS se ha procurado que la numeración de los nudos sea la misma que la estipulada en la nomenclatura de los edificios. Es decir el nudo de caudal 1 del modelo representa la conexión domiciliaria al edificio 1 y que corresponde en este caso particular a la portería principal de la UIS ubicada sobre la carrera 27. En la Tabla 7 se pueden apreciar la numeración de los distintos edificios de la Universidad con sus respectivas demandas y cotas.

Tabla 7. Nudos de la red

NODO	NOMBRE DE EDIFICIO	COTA (m)	DEMANDA (lps)
1	Portería	990.02	0.04
2	Auditorio Luís A Calvo	992.31	0.42
3	Administración	987.05	0.69
4	Centro De Prod. Audiovisual	987.61	0.69
5	Teatro Al Aire Libre	985.71	0.13
6	Ciencias Humanas	988.53	0.96
7	Bienestar Universitario	985.93	1.14
8	La Perla	984.95	0.17
9	Planta Física Y Mantenimiento	989.16	1.59
10	Ingeniería Mecánica***	-	-
11	Aula Máx. de Mecánica	984.12	0.44
12	Biblioteca	982.24	0.91
13	Planta Telefónica	981.01	0.01
14	Matemáticas	984.62	2.44
15	Ingeniería Industrial	982.40	2.12
16	Laboratorio De Física Y Morf. Vegetal	980.07	0.19
17	Laboratorios Livianos	979.96	1.98
18	Camilo Torres	982.69	5.48
19	Gimnasio	981.55	0.58
20	Capruis Y Favuis***	-	-
21	Federico Mamitza	976.79	1.29

NODO	NOMBRE DE EDIFICIO	COTA	DEMANDA
		(m)	(lps)
22	Ingeniería Eléctrica	979.02	1.87
23	Laboratorio De Postgrados	978.63	0.67
24	Escuela De Química-Laboratorios	978.82	1.17
25	Aula Máxima De Física	975.14	3.20
26	Investigación-Asesorías	973.05	0.18
27	Laboratorio De Alta Tensión	972.75	0.62
28	Laboratorio De Hidráulica	976.71	0.79
29	Laboratorio De Diseño Ind.		
30	Planta De Aceros	978.95	0.37
31	Jorge Bautista Vega	976.73	1.79
32	Laboratorio Pesados	974.83	4.30
33	Daniel Casas	971.37	0.59
34	Residencias Universitarias		
35	Cafetería Central	981.46	0.18
36	Cafetería Zona Deportiva		
37	Portería Carrera 30		
38	Caseta De Jardinería		
39	Instituto De Lenguas		
40	Estadio 1 De Marzo	993.54	0.00
41	Cancha De Sóftbol		
42	Canchas Múltiples		
43	Sección De Albañilería	982.19	0.03
44	*Sección De Vehículos	982.93	0.01
45	*Nuevo Edificio(Auditorio INSED)	986.06	1.23
46	*Nuevo Edificio(Sede INSED)	981.52	2.88
47	*Nuevo Edificio(Coliseo Deportivo UIS)		
48	*Nuevo Edificio(Nuevo Laboratorio De Pesados)		
49	*Nuevo Edificio(Nueva Entrada)	987.22	0.06
50	*Nuevo Edificio(Centro De Convenciones)	988.05	0.26
112**	Introducido intencionalmente	989.88	0
122**	Introducido intencionalmente	995.8	0
132**	Introducido intencionalmente	989.72	0
133**	Introducido intencionalmente	991.84	0
142**	Introducido intencionalmente	984.19	0
152**	Introducido intencionalmente	983.47	0
162**	Introducido intencionalmente	979.16	0
172**	Introducido intencionalmente	969.7	0
181**	Introducido intencionalmente	990	0
182**	Introducido intencionalmente	985.55	0
192**	Introducido intencionalmente	984.32	0
193**	Introducido intencionalmente	984.35	0
1102**	Introducido intencionalmente	980.4	0
1112**	Introducido intencionalmente	976.98	0
1113**	Introducido intencionalmente	979.56	0
1132**	Introducido intencionalmente	987.34	0
1143**	Introducido intencionalmente	986.69	0


NODO	NOMBRE DE EDIFICIO	COTA (m)	DEMANDA (lps)
1152**	Introducido intencionalmente	983.01	0
1172**	Introducido intencionalmente	983.07	0
1183**	Introducido intencionalmente	981.74	0

* Estos nuevos edificios se encuentran consignados en el Plan de Desarrollo de la Universidad

** Estos nodos se introdujeron para darle el perfil al terreno y tienen demanda nula

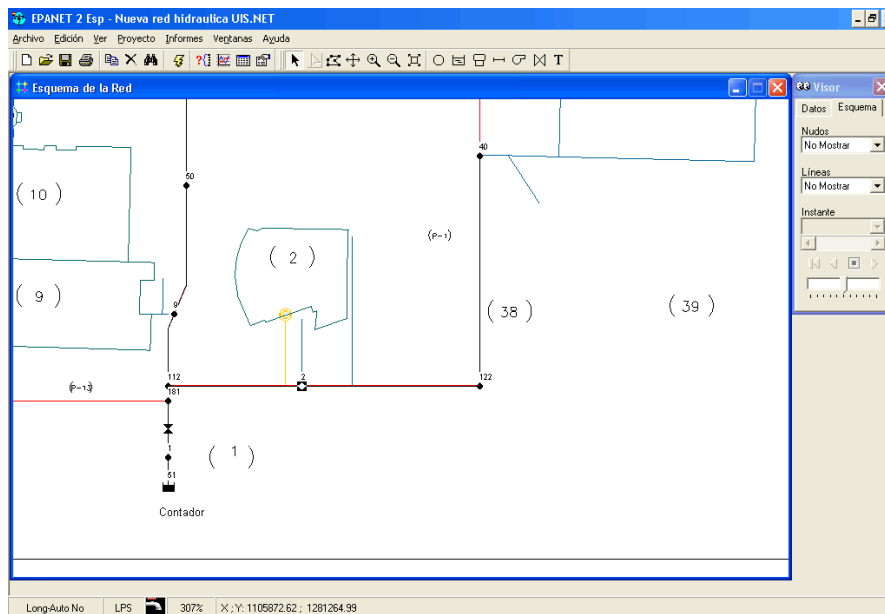
*** Algunos edificios no se consideraron en el diseño debido a que estos son abastecidos por redes diferentes o porque dos o más edificios son atendidos por una misma conexión domiciliar

Introducción de líneas

Las líneas son introducidas haciendo seleccionando el botón  y son las encargadas de unir los diferentes nodos de caudal. Recordemos que este caso debemos tener activa la opción de longitud automática para aprovechar el mapa de fondo. El esquema parcial de la red se muestra a continuación en la Figura 16


Existen algunas tuberías que deben ser dibujadas mediante deflexiones. Para ello debemos hacer un click con el ratón primero sobre el nudo inicial y luego sobre cada uno de los puntos donde cambia su dirección hasta llegar al nudo final, para obtener así la deflexión horizontal deseada para la tubería.

Figura 16. Trazado parcial de la red



Válvula reductora de presión.

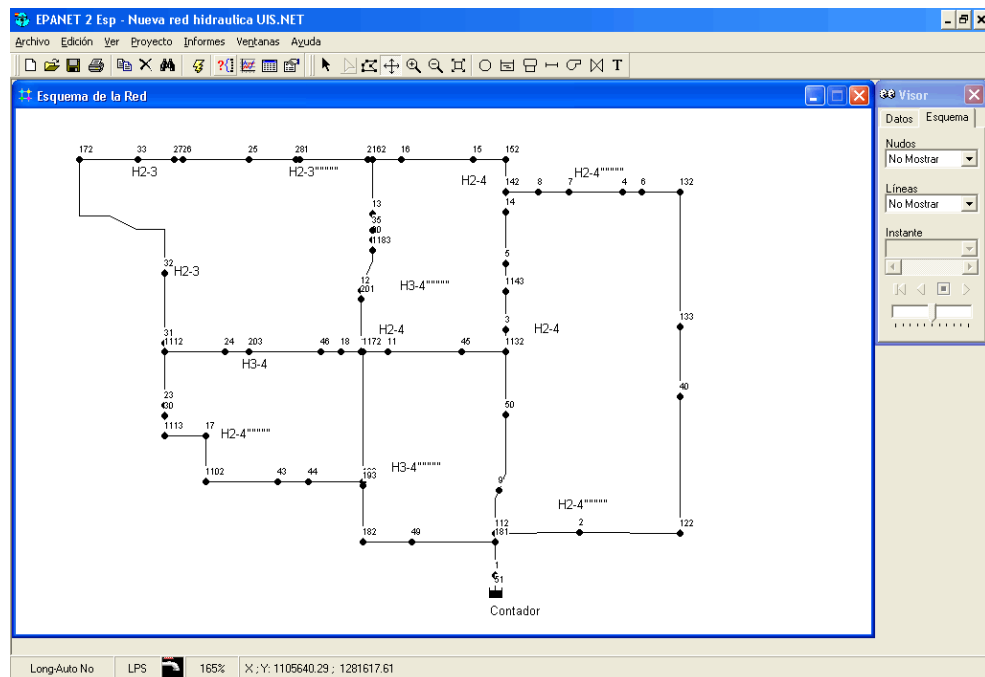
Como ya se menciona al comienzo para el caso de la red hidráulica de la Universidad Industrial de Santander, es necesaria la instalación de una válvula reguladora de presión para evitar el daño de la tubería y de los accesorios que están conectados a ella. Recordemos que para el caso de EPANET una válvula se representa mediante una línea.

Para introducir la válvula en el dibujo, seleccionamos el botón  de la barra de herramientas y hacemos click sobre los nodos inicial y final en el sentido del flujo. Debemos tener especial cuidado en este aspecto, puesto que algunos tipos de válvulas no permiten el flujo en ambas direcciones, por lo que si instalamos la válvula en sentido contrario al flujo, esta se comportaría de manera distinta a la deseada. Recordemos que en EPANET, una válvula se representa mediante una línea.

Tal y como lo recomienda la empresa de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (a.m.b.), para los diseños en el Área Metropolitana, el porcentaje de reducción aconsejable para este tipo de válvulas es del 30%. Para el caso particular de la UIS, donde se presenta una presión a la entrada de 126 mca (180 psi), esta se debe reducir hasta llegar a 88.2 mca una vez pase el agua a través de la válvula del modelo. Este valor de 88.2 es el valor de la consigna del que se comentó anteriormente.

En este momento estamos ya en capacidad de completar el dibujo de la red con las indicaciones hechas. El esquema debe mostrar una apariencia similar a la mostrada en la Figura 17, aclarando que este es el modelo particular de la red la UIS.

Figura 17. Esquema de la red terminado



Si los nudos hubieran quedado mal situados, pueden desplazarse pulsando sobre el nudo con el botón izquierdo del ratón dos veces, la primera para seleccionarlo, y la segunda para arrastrarlo hasta su nueva posición sin soltar el botón del ratón. Se debe observar cómo las tuberías conectadas al nudo se mueven con él.

4.4.11 Edición de las propiedades de los Objetos

A medida que los objetos son añadidos al proyecto, éstos adquieren automáticamente las propiedades por defecto. Una vez dibujada toda la red, podemos cambiar el valor de las propiedades de un objeto, efectuando un doble click sobre el objeto en el esquema, ó pulsando el botón derecho del ratón sobre este y eligiendo la opción "Propiedades" del menú desplegado. En la Figura 17 podemos ver la ventana de edición de las propiedades de los diferentes tipos de elementos de la red.

Figura 18. Edición de propiedades

Nudo de Caudal 2		Tubería 3		Embalse 51	
Propiedad	Valor	Propiedad	Valor	Propiedad	Valor
*ID Nudo de Caudal	2	*ID Tubería	3	*ID Embalse	51
Coordenada X	1105799.22	*Nudo Inicial	2	Coordenada X	1105745.04
Coordenada Y	1281328.01	*Nudo Final	122	Coordenada Y	1281285.05
Descripción	Q y P de incendio	Descripción	III	Descripción	IIIIIIII
Etiqueta		Etiqueta		Etiqueta	punto0=990.7m
*Cota	992.40	*Longitud	72.16	*Altura Total	1018.7
Demanda Base	0.415	*Diámetro	75	Curva Modulac. de la Altura	
Curva Modul. Demanda		*Rugosidad	150	Calidad Inicial	
Tipos de Demanda	1	Coef. Pérdidas Menores	0	Intensidad de la Fuente	
Coeficiente del Emisor		Estado Inicial	Abierta	Caudal Neto Entrante	Sin Valor
Calidad Inicial		Coef. Reacción en el Medio		Altura	Sin Valor
Intensidad de la Fuente		Coef. Reacción en la Pared		Presión	Sin Valor
Demanda Actual	Sin Valor	Caudal	Sin Valor	Calidad	Sin Valor
Altura Total	Sin Valor	Velocidad	Sin Valor		
Presión	Sin Valor	Pérdida Unitaria	Sin Valor		
Calidad	Sin Valor	Factor Fricción	Sin Valor		
		Velocidad de Reacción	Sin Valor		
		Calidad	Sin Valor		
		Estado	Sin Valor		

Propiedades más importantes de los objetos

Nudos: Para el ejemplo que estamos acá desarrollando la "Cota" y la "Demanda Base" para los nudos son las características más importantes. Los otros campos son necesarios únicamente en el caso en que se quiera modelar la calidad del agua, que en esta situación no se consideró. Para el embalse, habrá que introducir en el campo "Altura total" el valor de la cota del terreno mas la altura de la superficie libre del agua. Para Los tanques o depósitos que no hacen parte de nuestro modelo, se les debe definir su geometría y los niveles mínimos y máximos que podría alcanzar el agua.

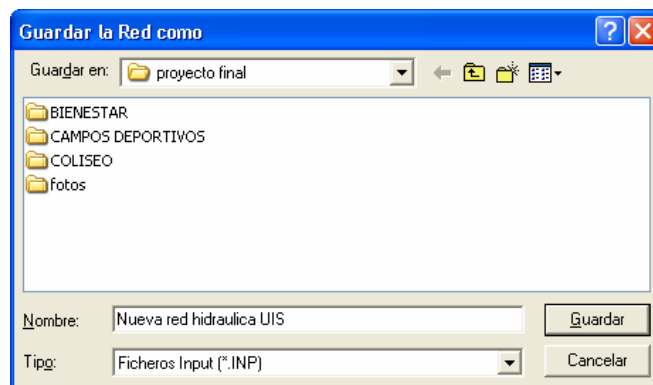
Líneas: De la tubería son importantes los datos de longitud que con la ayuda de la herramienta “longitud automática” ya fue definida para todos los tramos de la red, los nudos inicial y final y su diámetro y coeficiente de rugosidad. Recordemos la norma RAS exige que la simulación debe hacerse con el diámetro interno real, dato que conjunto con el coeficiente de rugosidad en este caso C para Hazen Williams debe ser suministrado por el fabricante.

Para las válvulas debemos introducir los datos de nudo aguas arriba y aguas abajo, su diámetro, su estado que puede ser forzado o no; forzado significa que el usuario define si esta abierta o cerrada, y el valor de la consigna como lo llama EPANET, que lo podemos entender como el parámetro de funcionamiento, que para el caso de las válvula reductora será el valor de la presión aguas abajo. Recordemos nuevamente que para este ejemplo debe ser de 88.2 mca para inducir una caída del 30% en la presión con las condiciones de presión a la entrada de hoy (126 mca).

4.4.12 Opciones para la edición de una red con gran información

La edición de los objetos de una red grande es compleja. Afortunadamente el software permite una fácil edición de las propiedades de los objetos mediante sus herramientas para la integración con otros programas. Una forma rápida y efectiva de editar en conjunto los valores en nudos y tubos es la exportación de un archivo tipo *.inp, que permite su edición con la ayuda de una hoja de calculo o un editor de texto. Para el caso descrito en este ejemplo, una vez dibujada la red en su totalidad, la exportamos para su posterior edición. En la barra de menús hacemos click sobre la opción *Archivo>> Exportar>>Red* para desplegar la ventana mostrada en la figura 19.

Figura 19. Exportación de la red desde EPANET



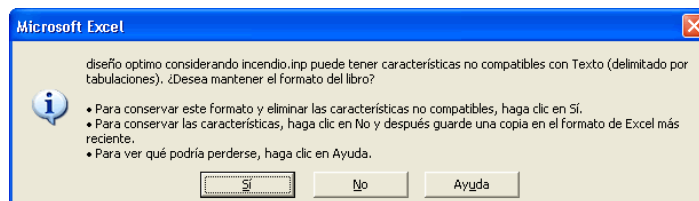
Una vez exportado el fichero .inp, este puede ser editado en una hoja de cálculo para así introducir de una manera más fácil y automatizada los valores de cotas y demandas previamente calculados. El archivo *.inp lo vamos a editar entonces con la ayuda del programa Microsoft Excel®, En el explorador de Windows haciendo click derecho sobre

el archivo buscamos la opción abrir con y elegimos Microsoft Excel. Una vez abierto podemos editar todos los campos que queramos.

Por ejemplo, para el diseño de la red hidráulica de la Universidad, las cotas de los nudos de caudal fueron obtenidas directamente en la hoja electrónica como el producto de la pendiente del tramo por la distancia horizontal desde un punto de cota conocida. De esta manera se podía ajustar a cada momento el valor de la pendiente hasta obtener una satisfactoria, y solo fue necesario copiar estos valores al archivo *.inp e importar el archivo a EPANET sin tener que editar las propiedades de los nudos en el programa.

Hechos los cambios requeridos en el archivo *.inp, guardamos los cambios, conservando el formato original. Seguramente al hacer esto el programa nos abra una ventana de dialogo como la mostrada en la Figura 20. A este dialogo debemos responder NO para que el archivo conserve su formato original “*.inp” y pueda ser reconocido por EPANET al ser importado. Se aconseja guardar una copia del archivo en uno tipo *.xls, para ser utilizado en otras labores como por ejemplo el calculo de longitudes de tubería para el presupuesto final.

Figura 20. Formato para exportación a EPANET



De vuelta en EPANET vamos a la opción *Archivo>>Importar>>Red*, enseguida nos preguntara el programa si queremos buscar el mapa de fondo, a lo cual respondemos afirmativamente y procedemos simplemente a buscarlo. Enseguida se genera un archivo *.inp, por lo que debemos guardar el archivo en formato “*.net” para continuar con la simulación. Lo podemos hacer en la opción *Archivo>>guardar como>>*.net*.

Tenemos ahora editadas todas las características de nodos y líneas. El esquema de la red ya terminado se puede apreciar en la Figura 17. Ya terminado el modelo de la red y para mejor visualización del mismo podemos ocultar el mapa de fondo haciendo click derecho sobre una región en blanco y quitando la flecha sobre la opción mapa de fondo. Igualmente podemos elegir un color para el fondo de la pantalla.

4.4.13 Opciones de consulta

Elaboración de perfiles

Ahora que ya tenemos montado el modelo, debemos estar seguros que los datos que tienen los elementos de la red son los deseados. Por ejemplo debemos estar seguros que los datos de cotas de los nudos son los mismos que están consignados en el plano de perfil. Para ello podemos hacer uso de la opción de generar perfiles. Hacemos click en *Informes>>Gráficos* y seleccionamos la opción de líneas y perfil longitudinal enseguida hacemos click sobre cada nudo que queramos ver en el perfil y le damos añadir. No sobra decir que los nodos de un perfil deben ser consecutivos.

Ahora podemos ver el perfil del tramo 15 y 16 definidos en el plano de planta de la red de la Universidad, mostrados al comienzo de este capítulo y compararlos con el plano de perfil mostrado en la Figura 6. De esta manera podemos comprobar la veracidad de los valores de las cotas exportados.

Figura 21.Elaboración de un perfil

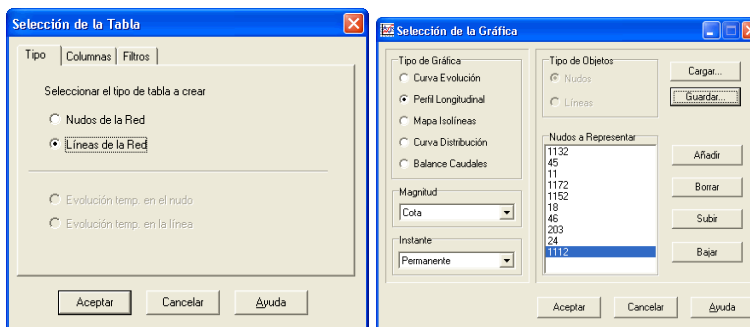
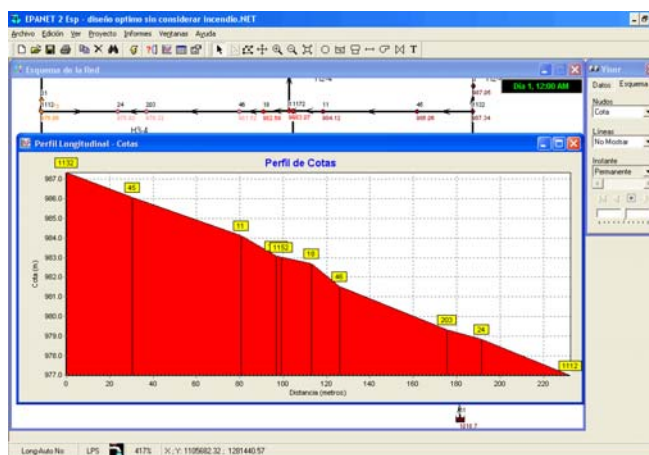


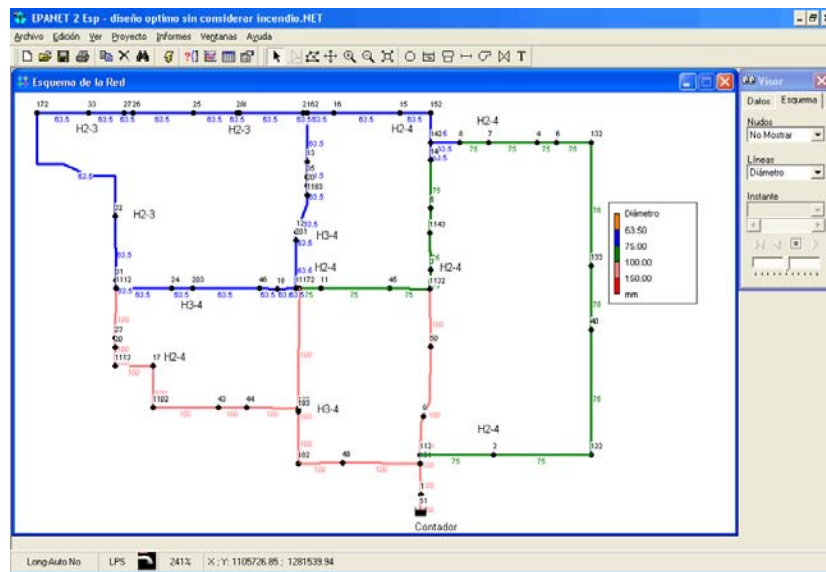
Figura 22. Perfil de los tramos 15 y 16 de la red de ejemplo



Visor de datos


Igualmente para las líneas podemos comprobar los valores de diámetros con la ayuda del visor de datos. El visor es una ventana que podemos ver en el lado derecha del programa. Para observar los diámetros de la red hacemos lo siguiente: activamos la pestaña esquema y seleccionamos la opción diámetros de la casilla de líneas, para mejor visualización de la información podemos seleccionar la opción “No Mostrar” de la casilla de nudos. La apariencia de la red cuando activamos el visor se muestra a continuación.

Figura 23. Visualización de la información con el visor de datos



4.4.14 Simulación

Ya cerciorados de la veracidad de los datos no queda más que correr el modelo. Para ello

hacemos click sobre el botón  ubicado en la barra de herramientas, o seleccionamos la opción Proyecto >> Calcular, de la barra de menús

Si la simulación no fuera exitosa aparecería un aviso como el mostrado en la Figura s.f. y a continuación después de hacer click sobre el botón Aceptar aparecería la ventana de Informe de Estado indicando cuál ha sido el problema.

Figura 24. Estado de la simulación

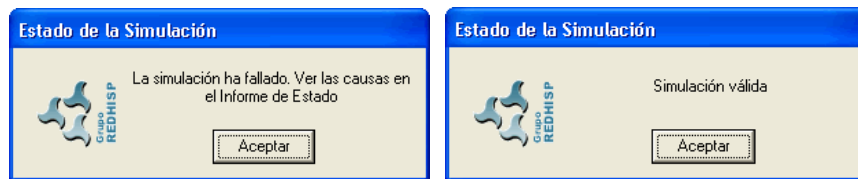
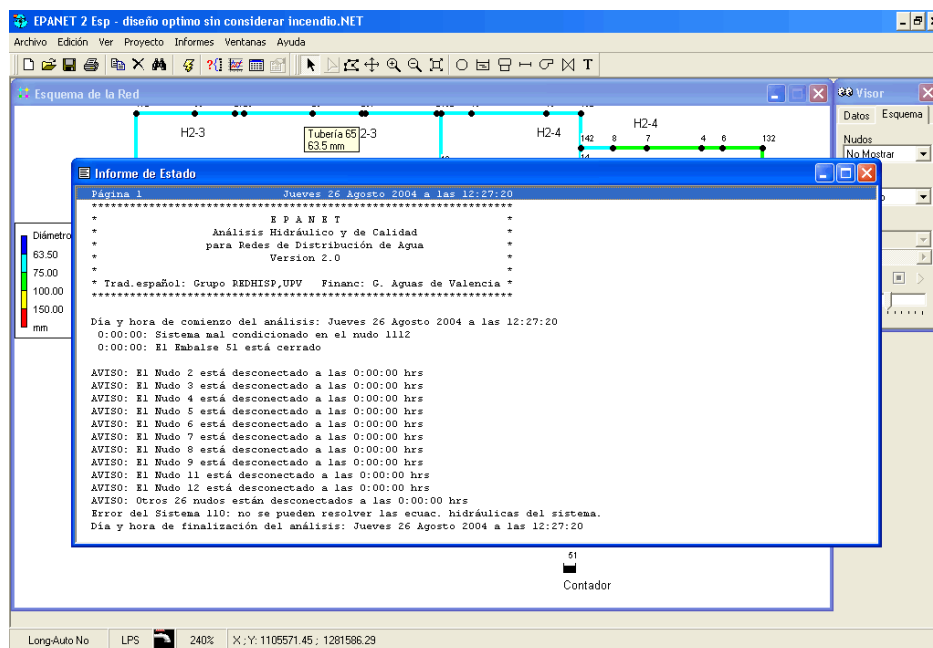


Figura 25. Informe de errores



Si la simulación es válida aparecerá una ventana como la que se aprecia en la Figura 25. Los resultados pueden verse ahora en una amplia variedad de formatos. Probemos algunos de ellos:

Seleccionar la opción “Presión” en el desplegable Nudos del “Visor del Esquema” y observar cómo se colorean los nudos, codificados por el valor de la presión. Para mostrar las convenciones con los colores aplicados, seleccionar *Ver >> Leyendas >> Nudos* (o pulsar el botón derecho del ratón en cualquier zona vacía del esquema y seleccionar la opción Leyenda Nudos del menú desplegado).

Una vez obtenidos los resultados de velocidades y presiones los comparamos con los rangos de diseño para comprobar que la configuración de diámetros es tal que se cumple con los parámetros establecidos para el diseño. De no ser así lo mejor será ajustar los diámetros de la red y otros elementos hasta obtener los valores deseados de los parámetros. Por ejemplo para editar de manera fácil los diámetros de una región podemos utilizar la herramienta “Edición >> Seleccionar región”, de esta manera hacemos los

cambios deseados en cualquier región del modelo, modificando en un solo paso las propiedades de todos los elementos que se encuentren totalmente dentro de esta región. En la grafica 27 podemos apreciar la manera de utilizar esta herramienta

Figura 26. Selección de una región para cambiar sus propiedades

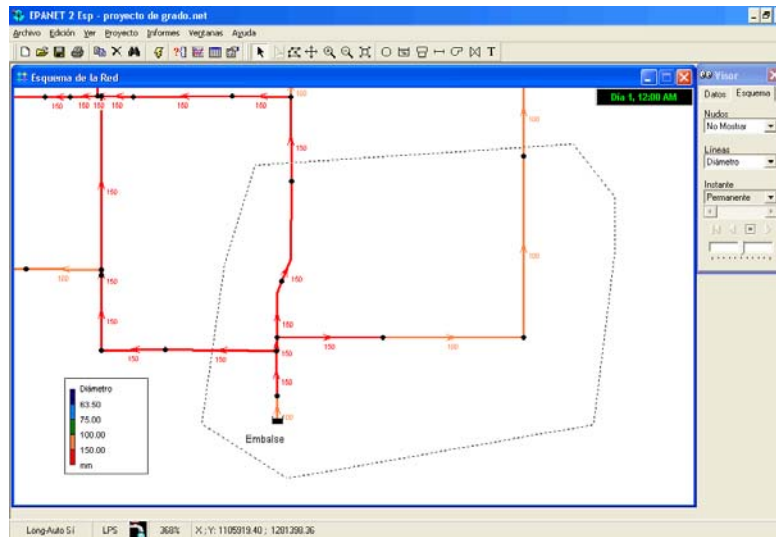


Figura 27. Edición de objetos comprendidos en una región

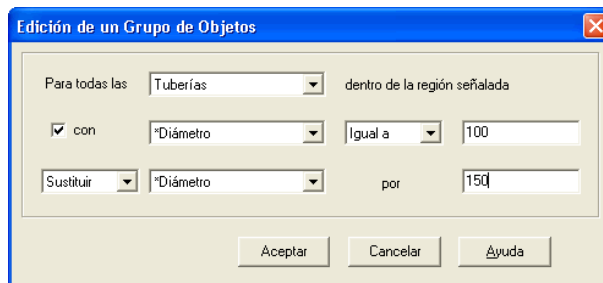
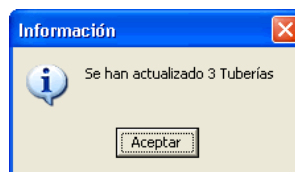


Figura 28. Actualización de datos utilizando la herramienta “seleccionar región”



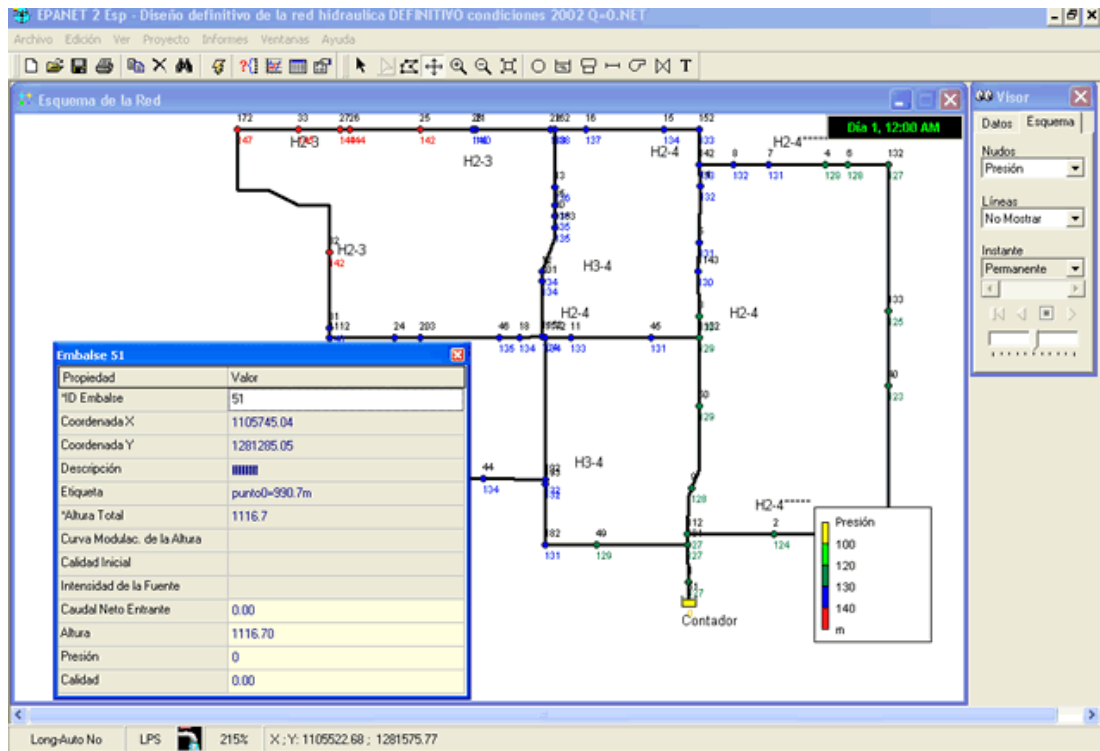
La instalación de la válvula reductora de presión es la consecuencia del analisis de la red con las condiciones mas criticas que se podrían presentar actualmente. Como ya se

menciono existe una presión a la entrada que haría sobre la red se presenten presiones que sobrepasarían las de trabajo de la tubería. Para efectos de este manual introductorio al manejo de EPANET supondremos que la instalación de la válvula es una condición inicial del diseño, pero en realidad es la respuesta al análisis de los datos después de varias simulaciones.

Sin embargo a manera de ilustración y para comprobar el funcionamiento de la válvula dentro del modelo se muestran en las figuras 30 y 31 la situación de la red antes y después de su instalación.

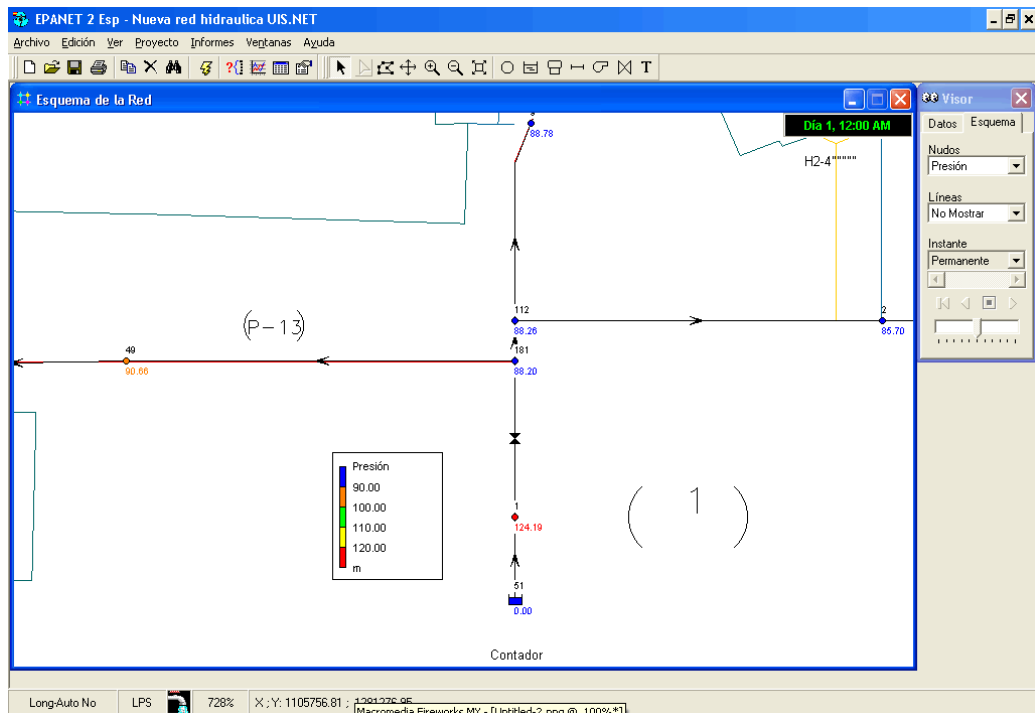
En la Figura 30, podemos ver las condiciones de la red antes de la instalación de la válvula en donde podemos apreciar el sector sobre la esquina superior izquierda con nudos que registran una presión superior a 140 mca (200 psi)

Figura 29. Resultado de la simulación sin válvula reductora de presión



El resultado de la simulación muestra la caída de presión en la red con la utilización de dicha válvula.

Figura 30. Resultado de la simulación con válvula reductora



4.4.15 Consideración de condiciones de incendio

Después de haber obtenido un diseño, que se comportara de manera satisfactoria ante las demandas de agua potable para usos humano e institucional, debemos ajustar el diseño para que también se comporte óptimamente ante los requerimientos que pueda demandar una situación de incendio.

Para ello debemos definir el sistema que vamos a utilizar para combatir el incendio. Estos sistemas pueden ser rociadores o hidrantes entre otros. Para este diseño en particular la única alternativa considerada para combatir incendio, es la instalación de hidrantes ya que se trata de una red de distribución externa a las edificaciones.

Antes que nada, debemos definir el tipo de riesgo de incendio a que están sometidas las diferentes zonas de la red, en este caso los edificios del Campus. Identificado el riesgo de cada zona definiremos la dotación para los hidrantes que se ubicaran en dicha zona. Los hidrantes según recomendaciones de la empresa de acueducto local, deben ubicarse con una separación no menor a 150 m., medidos sobre la línea de tubería.

Una vez definidos los caudales de diseño en los hidrantes se deben considerar las distintas posibilidades de incendio. De ellas debemos poner en consideración del diseño las hipótesis de incendio mas críticas para la red, ya sea por razones topográficas, de lejanía o de caudal.

Para efecto de este ejemplo se eligieron las hipótesis de incendio 4 y 5 consignadas en las memorias de diseño de la red. Estas hipótesis dan como hechos más probables y más críticos la ocurrencia de incendio en las zonas aledañas a los hidrantes representados por los nodos 201 y 203 del modelo. En el siguiente grafico podemos observar que a los nodos mencionados, se las asignado un caudal de 32 lps. Que corresponde a la dotación para una zona de riesgo alto o 3. En la figura 33, podemos ver claramente que los nudos 201 y 203 tienen una demanda base de 32 lps, ya que la única opción activada en el visor es la demanda base

Para simular cada hipótesis de incendio es aconsejable trabajar con un archivo distinto, que tenga como base el modelo de la red optimo sin incendio, ya que sobre el modelo se deben hacer los ajustes necesarios hasta obtener los diámetros óptimos para tal consideración. Lo mas probable y mas fácil para el usuario es tomar el modelo óptimo sin incendio y guardarlo como: "modelo de la red con hipótesis de incendio X", pero también existe la posibilidad que una vez corrido el modelo con la hipótesis 1, nos hayamos acordado que esta era la opción mas fácil y por ello hallamos guardado el modelo 1 como modelo 2 y el modelo dos tenga los datos del modelo 1.


Una forma de asegurarse que los nodos que representan los hidrantes de la red tengan asignados los caudales de diseño es mediante el botón consultar  que aparece en la barra de herramientas. Mediante este comando podemos consultar para la red los nodos o líneas que satisfacen unas opciones de consulta. Por ejemplo en la grafica s.f. podemos ver el resultado de la consulta hecha, donde se pidió mostrar los nodos que tienen una demanda base mayor a los 16 lps.

Figura 31. Nodos con demanda contra incendio

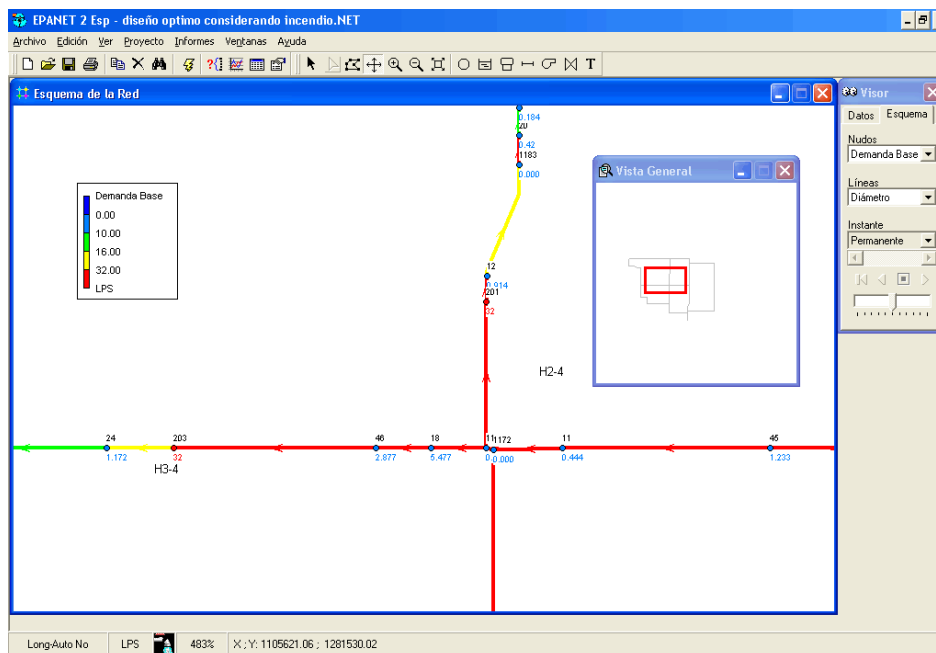
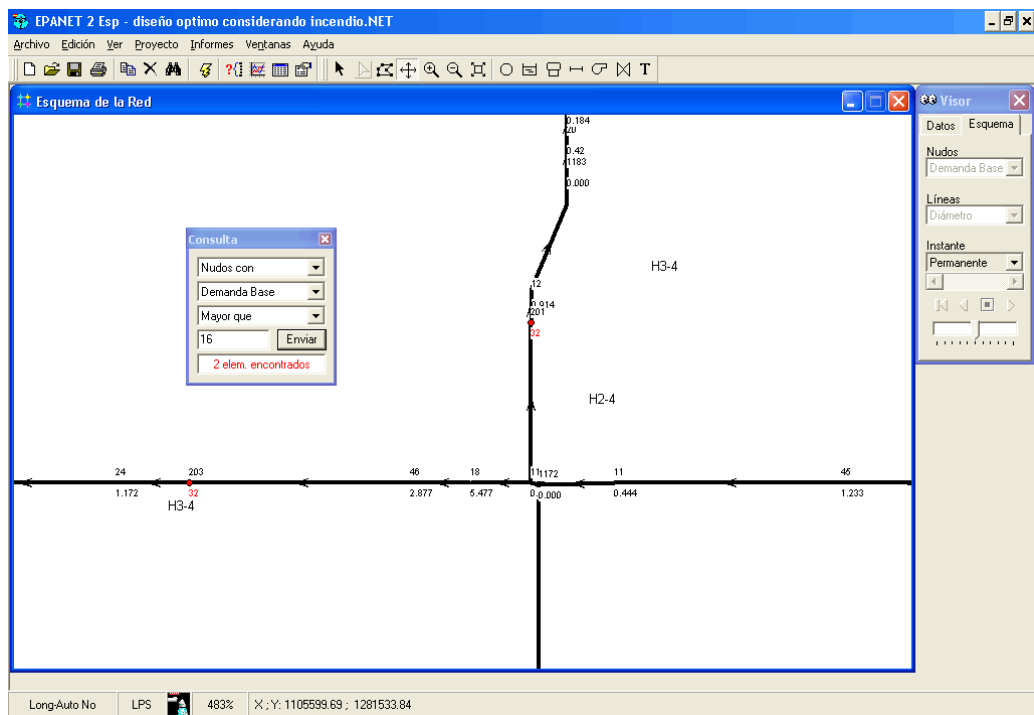


Figura 32. Opciones de consulta



Una vez corridos los modelos con las hipótesis de incendio mas criticas y ajustados los diámetros hasta obtener los óptimos para cada caso se procede a la comparación, entre la configuración de la red que satisface cada hipótesis y procedemos a definir una configuración de diámetros que pueda satisfacer a todas ellas. De esta manera podemos obtener lo que será el diseño definitivo de la red con todas las consideraciones de incendio.

En la Figura 2 podemos ver lo que es el diseño definitivo de la red considerando todas las hipótesis de incendio. Este diseño se debe correr para la hipótesis de incendio mas critica sin descuidar la demanda de agua para el consumo normal sobre la red. De esta manera apodemos predecir el comportamiento de las velocidades y presiones en la red ante tal evento para así hacer las advertencias necesarias y tomar las medidas necesarias para mitigar el impacto que una situación de incendio puede ocasionar sobre el normal funcionamiento de la red.

4.4.16 Resultados del análisis

Por último, obtenido el diseño definitivo, lo único que nos queda por tratar en este manual, es la forma de visualizar y exportar los resultados del analisis para tomar la información que nos pueda interesar.

La salida de la información del análisis hecho por el software se puede hacer de manera grafica o textual. Igualmente esta información se puede imprimir directamente desde el programa o desde otro programa como hojas de cálculo o editor de texto

4.4.17 Presentación de los Resultados mediante Gráficas

Las gráficas pueden ser impresas, copiadas al portapapeles de Windows, y guardadas como fichero de datos o como meta-fichero de Windows. Para observar los valores de un parámetro determinado así como los resultados del análisis, EPANET puede generar los siguientes tipos de graficas:

Tabla 8. Descripción del tipo de gráficos generados por EPANET

TIPO DE GRAFICO	DISPONIBLE SOLAMENTE PARA:		DESCRIPCIÓN	APLICACIÓN
	Objeto	Periodo		
Curva de evolución	Nudos Líneas	Extendido	Representa la evolución de una magnitud a través del tiempo.	Podríamos ver el cambio de la presión en un nudo de la red a lo largo del día.
Perfil longitudinal	Nudos	Instantáneo	Muestra la variación espacial de una magnitud.	Podemos elegir la altura en los nodos como magnitud a representar, de esta manera apreciaremos la línea piezométrica para los diversos tramos de la red.
Mapa de isolineas	Nudos	Instantáneo	Con esto podemos ver las regiones de la red donde el valor de un parámetro esta dentro de un rango definido por el usuario.	Útil en el caso de poder visualizar las presiones sobre los diferentes sectores de la red. Ejemplo podríamos ver que sectores de la red presentan presiones por encima de 146 mca (200 psi)
Curva de distribución	Nudos o líneas	Permanente	Representa la forma como se distribuye el valor de una magnitud dentro de la red.	Serviría para ver la distribución de las velocidades sobre la red. Por ejemplo que porcentaje de tramos presenta velocidades entre 0.6 y 2.0 m/s.
Balace de caudales	Nudos	Extendido	Muestra a lo largo del día, el comportamiento de la demanda frente a la oferta de agua potable	Esto es útil para hacer ajustes a la curva de variación de la demanda

Cuando queremos generar la grafica vamos a la barra de herramientas Informes >> Gráficos y se muestra la ventana de dialogo de la Figura 34. También podríamos acceder


desde la barra de herramientas haciendo click sobre el botón de gráfico .

Figura 33. Selección de graficas



Teniendo en cuenta que nuestro ejemplo se simulo para un instante de tiempo y no para un periodo extendido, En la Figura 35 podemos apreciar algunos tipos de graficas disponibles para nuestro caso

Figura 34. Perfil longitudinal de la red

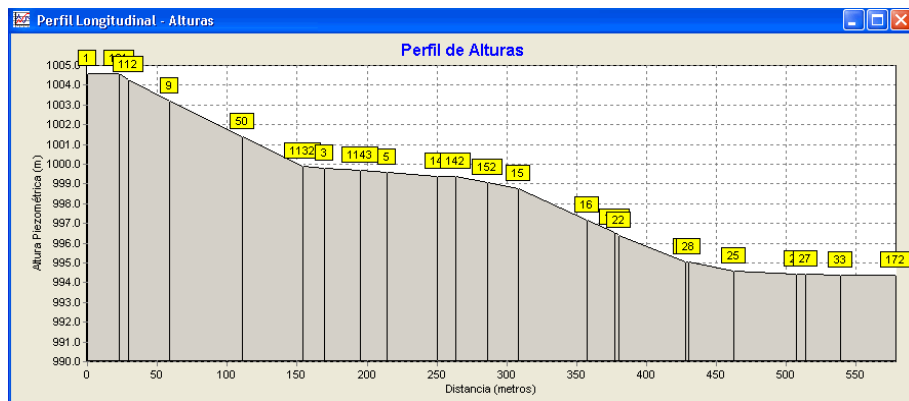


Figura 35. Mapa de isolineas

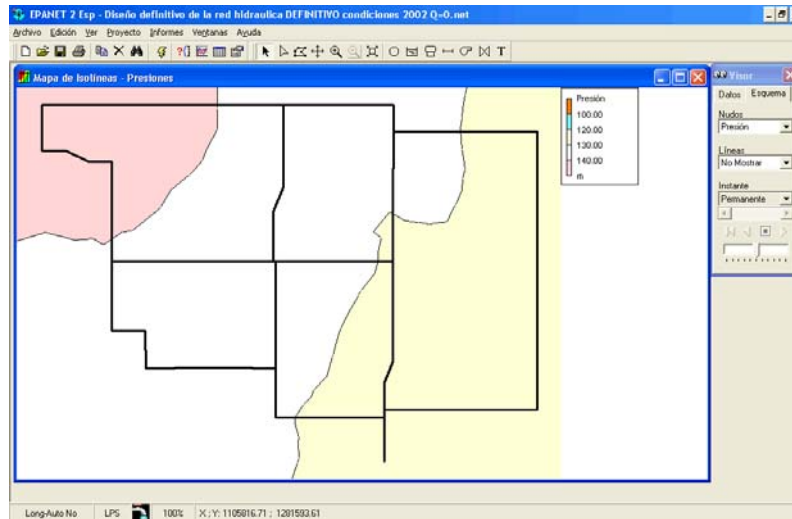
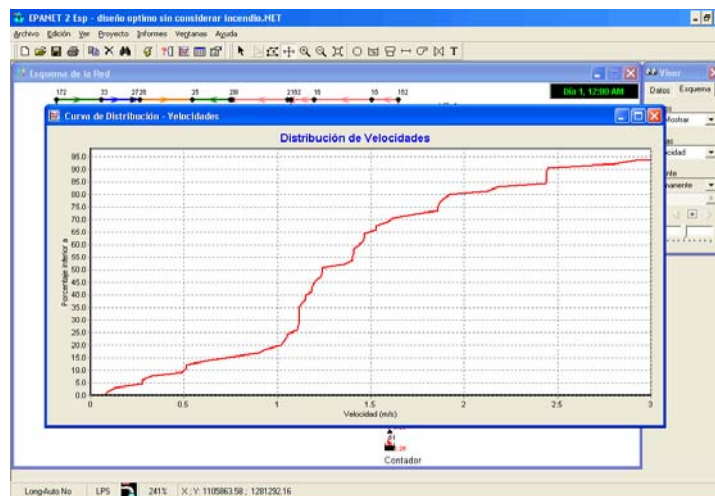


Figura 36. Curva de distribución para la velocidad



Las graficas de curva de evolución y balance de caudales no se pudieron generar pues la simulación se hizo para un instante de tiempo y no se utilizo curva de variación de la demanda

4.4.18 Presentación de los Resultados mediante Tablas

Después de efectuar la simulación del modelo, existe otra manera de visualizar los resultados de la mediante la generación una de las siguientes tablas:

- Tabla de elementos de la red (estática): con las propiedades y resultados de todos los nudos o líneas de la red, para un instante de tiempo determinado.
- Tabla de evolución (dinámica): con las propiedades y resultados de un nudo o línea determinado, para todos los instantes de tiempo.

Estas tablas pueden ser impresas, copiadas al portapapeles de Windows, o guardadas en un archivo independiente.

Tabla de elementos de la red

EPANET puede generar tablas ya sea para los nudos o las líneas de la red con una herramienta adicional como lo es la opción de filtrar datos. Esto es la manera de mostrar solo los nudos o líneas que cumplan con una condición definida por el usuario.

Las tablas son una manera de detallar la información visualizada en las graficas, o la manera de generar los informes personalizados de la simulación.

Para cada tipo de elemento sea nudo o línea, existe la posibilidad de seleccionar para la tabla, las columnas con la información de los parámetros que nos interesa conocer. Para acceder a elle seleccionamos la opción Informes >> Tablas... de la barra de Menús, o

haciendo click en barra de herramientas sobre el botón de tabla .

En la figura 39 podemos observar la ventana el diálogo de selección de la tabla donde podemos seleccionar para los nudos y líneas, las columnas que contendrá la tabla que se genere, esto sin duda permite eliminar de la tabla las columnas que consideremos innecesarias. Por ejemplo si se hizo una simulación donde solo se quería conocer el comportamiento hidráulico de la red sin tener en cuenta la calidad del agua, la columna de calidad sobraré.

Figura 37. Personalización de los datos de salida



Figura 38. Tabla de salida para líneas

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 24	30.24	75	150	7.67	1.74
Tubería 25	50.38	75	150	6.44	1.46
Tubería 26	16.35	75	150	6.00	1.36
Tubería 27	12.91	63.5	150	3.76	1.19
Tubería 31	57.13	100	150	19.22	2.45
Tubería 32	32.75	100	150	19.16	2.44
Tubería 33	38.60	100	150	19.16	2.44
Tubería 34	20.70	100	150	11.06	1.41
Tubería 35	48.44	100	150	11.03	1.40
Tubería 36	27.74	100	150	9.05	1.15
Tubería 37	7.37	100	150	8.68	1.11
Tubería 38	36.52	100	150	8.01	1.02
Tubería 39	47.54	63.5	150	5.93	1.87
Tubería 40	13.92	63.5	150	-9.23	2.92
Tubería 42	6.69	63.5	150	3.52	1.11
Tubería 43	11.26	63.5	150	3.33	1.05
Tubería 45	29.33	100	150	16.69	2.12
Tubería 46	54.27	75	150	5.35	1.21
Tubería 47	13.76	75	150	7.16	1.62

Figura 39. Tabla de salida para nudos

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Presión m
Nudo 1	990.02	0.038	0.04	26.03
Nudo 2	992.40	0.415	0.41	17.55
Nudo 3	987.05	0.690	0.69	19.40
Nudo 4	987.61	0.689	0.69	16.88
Nudo 5	985.71	0.125	0.12	19.51
Nudo 6	988.53	0.955	0.95	16.11
Nudo 7	985.93	1.137	1.14	18.29
Nudo 8	984.95	0.175	0.17	19.19
Nudo 9	989.16	1.590	1.59	20.69
Nudo 11	984.12	0.444	0.44	20.35
Nudo 12	982.24	0.914	0.91	19.88
Nudo 13	980.85	0.006	0.01	20.08
Nudo 14	984.62	2.436	2.44	19.68
Nudo 15	982.40	2.118	2.12	19.36
Nudo 16	980.07	0.189	0.19	20.61
Nudo 17	979.96	1.982	1.98	22.57
Nudo 18	982.69	5.477	5.48	19.27
Nudo 20	981.58	0.42	0.42	19.67
Nudo 21	976.79	1.287	1.29	21.53
Nudo 22	979.02	1.869	1.87	21.07

Tabla de evolución de la red

Esta opción también la ofrece EPANET, pero solo cuando se hace la simulación para un periodo extendido, que no es el caso de este ejemplo.

4.4.19 Informes Especiales

Además de gráficas y tablas, EPANET puede generar también una gran variedad de Informes especiales con datos específicos; estos son:

- Informe de Estado
- Informe de Energías
- Informe de Calibración
- Informe de Reacciones
- Informe Completo

Todos estos informes pueden ser impresos, o copiados al portapapeles de Windows (salvo el Informe Completo, que sólo puede almacenarse en un fichero o archivo independiente).

Informe completo

De todos el informe completo es el más útil por su generalidad, sobretodo para la presentación de los resultados finales del análisis de una red de tamaño pequeño o moderado. Los demás informes tratan de manera detallada los resultados para cada uno de los aspectos de la simulación

Este tipo de informe, que puede verse o imprimirse desde fuera del programa utilizando cualquier hoja electrónica o editor de texto Para generarlo, debemos seleccionar la opción *Informes >> Completo* de la barra de menú. La información contenida en él es la siguiente:

- Título del proyecto y su descripción
- Lista de líneas con sus respectivos nudos extremos, longitud y diámetro.
- Tablas para cada instante de tiempo, en las cuales se muestran los valores calculados para cada nudo (demanda, altura, presión y calidad) y cada línea (caudal, velocidad, pérdida unitaria y estado).

5 OBSERVACIONES

Al momento de la aprobación del plan de proyecto de grado en la modalidad de práctica empresarial, a realizarse en la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander, se daba como un hecho la construcción del Coliseo Deportivo de la UIS, proyecto que iniciaría a mediados del primer semestre académico y culminaría al comienzo del segundo, coincidiendo así con el periodo de practica allí estipulado. Desafortunadamente y por decisiones ajenas a la voluntad de la División y a la del practicante, la construcción del Coliseo fue aplazada en múltiples ocasiones de manera que algunos de los objetivos específicos planteados en ese entonces no se pudieron cumplir.

Sin embargo, y como puede apreciarse en este trabajo, no menos enriquecedoras e importantes fueron para las partes, las actividades desarrolladas en el transcurso de la práctica; cumpliéndose plenamente con el objetivo general contemplado y con la filosofía y principios que orientan la realización del trabajo de grado en esta modalidad, por parte de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Industrial de Santander.

6 CONCLUSIONES

El desarrollo de esta práctica empresarial logró su objetivo principal, cual era el de beneficiar la calidad en el diseño, desarrollo y ejecución, de los proyectos bajo la dirección y responsabilidad de la División de Planta Física.

La oportunidad de desarrollar el trabajo de grado en la modalidad de práctica empresarial, me ofreció una inmejorable oportunidad para entrar en contacto con la realidad del ejercicio profesional, propiciando un escenario válido para la aplicación y afianzamiento de los conocimientos adquiridos en el desarrollo del plan de estudios. Igualmente el hecho de profundizar en el manejo de una herramienta computacional como EPANET, me permite aportar a los miembros de la escuela de Ingeniería Civil, los lineamientos básicos para su manejo

Por otro lado, el trabajo interdisciplinario característico de esta práctica, contribuyó al desarrollo de habilidades para las relaciones interpersonales, creando un ambiente favorable para el trabajo en equipo con otras dependencias de la Universidad y con el personal de obra.

La práctica empresarial se constituye entonces, en una herramienta fundamental para mejorar el accionar de las entidades gubernamentales relacionadas con el sector de la Ingeniería Civil, beneficiándose así la calidad de los proyectos que estas entidades desarrollan. De esta manera se toma parte activa en la solución de las necesidades de la comunidad y se favorece el desarrollo regional.

Se comprobó la exigente aplicación de los lineamientos y normatividad que rige la construcción de obras civiles, en todas las actividades de construcción, remodelación y adecuación, desarrolladas bajo la dirección de obra por parte de la División de Planta Física.

Es muy importante destacar, lo oportuno que resultó para la Universidad Industrial de Santander, la concepción y desarrollo del proyecto de la nueva Red hidráulica en el Campus principal, debido a la alta vulnerabilidad ante incendio, que amenaza el patrimonio físico de la Universidad y la integridad de los miembros de la comunidad universitaria, al no contarse con un sistema que pueda atender de manera satisfactoria, los requerimientos propios de tal evento.

7 BIBLIOGRAFÍA

CORCHO ROMERO, Freddy Hernán y **DUQUE SERNA**, José Ignacio. Acueductos, teoría y diseño. Medellín : Universidad de Medellín, 1997.

INSTITUTO COLOMBIANO DEL DEPORTE COLDEPORTES Manual de Escenarios Deportivos Bogotá Coldeportes 2002.

HERNÁNDEZ GARCIA, Miguel Ricardo y **VANEGAS VANEGAS**, Nilson Humberto. Vulnerabilidad y riesgo de incendio en el Área Metropolitana de Bucaramanga. Bucaramanga, 1998. 208p. Trabajo de Grado (Ingeniería Civil) Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico - mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil.

SALDARRIAGA VALDERRAMA., Juan Guillermo. Hidráulica de tuberías. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill, 1998. 564p.

UIS EN CIFRAS. Universidad Industrial de Santander. Oficina de Planeación. No 27 (Mayo 2003) Bucaramanga: UIS, 2003.