

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA.

UNAN- MANAGUA

(R.U.R.D)

Facultad de Ciencias e Ingenierías.
Ingeniería Civil.

Departamento de Construcción.



TÉSIS MONOGRÁFICA PARA OBTAR AL TÍTULO DE INGENIERA CIVIL

Rediseño del sistema de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031.

ELABORADO POR:

- Br. Ariadna Karina Méndez Arvizú.

TUTOR: Ing. Wilber Javier Pérez Flores.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Managua, 28 de Enero de 2013.

Contenido

<u>RESUMEN EJECUTIVO</u>	102
<u>I. INTRODUCCIÓN.....</u>	105
<u>II. GENERALIDADES</u>	107
2.1 LOCALIZACIÓN:.....	107
2.2 CLIMA Y TOPOGRAFÍA:	107
2.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL:	108
2.4 ECONOMÍA.....	108
2.5 POBLACIÓN:.....	109
2.6 HIDROGEOLOGIA:.....	109
<u>III. ANTECEDENTES.....</u>	111
<u>IV. PROBLEMÁTICA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE</u>	113
4.1 ELEMENTOS CRÍTICOS DEL SISTEMA:	113
4.2 EN LA GESTIÓN OPERACIONAL – COMERCIAL:	114
4.3 PROBLEMAS DE CARÁCTER AMBIENTAL:	115
<u>V. JUSTIFICACION.....</u>	115
<u>VI. OBJETIVOS</u>	118
OBJETIVO GENERAL:.....	118
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	118
<u>VII. MARCO TEORICO</u>	120
7.1 PROYECCION DE LA POBLACION FUTURA:	120
7.1.1 CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA	121
7.2 DOTACION PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE:.....	124
7.2.1 ESTIMACIÓN DE CONSUMO	125
7.3 PERÍODO DE DISEÑOS:.....	129
7.3.1 VARIACIONES DE CONSUMO:.....	130
7.3.2 PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS:.....	130
7.3.3 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (C) DE HAZEN –WILLIAMS:.....	131

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

7.3.4 VELOCIDADES PERMISIBLES EN TUBERÍAS:.....	131
7.3.5 COBERTURA DE TUBERÍAS:	132
7.3.6 PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SISTEMA:.....	132
7.4 FUENTES DE ABASTECIMIENTO:.....	132
7.4.1 OBRAS DE CAPTACIÓN DE AGUA:.....	133
7.4.2 CALIDAD DEL AGUA:	135
7.5 ESTACIONES Y EQUIPO DE BOMBEO:	135
7.5.1 CASETA DE CONTROL:	136
7.5.2 FUNDACIONES DE EQUIPOS DE BOMBEO:.....	137
7.5.3 EQUIPO DE BOMBEO Y MOTOR:	137
7.6 RED DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTO:	142
7.6.1 LÍNEA DE CONDUCCIÓN:.....	143
7.6.1.1 Línea de Conducción por Gravedad.....	143
7.6.1.2 Línea de Conducción por Bombeo.....	144
7.7 TANQUES DE ALMACENAMIENTO:.....	145
7.7.1 TIPOS DE TANQUES:.....	145
7.7.2 TIPOS DE TANQUES RECOMENDADOS CONSTRUIR EN EL PAÍS:	146
<u>VIII. CALCULO HIDRÁULICO</u>	<u>149</u>
8.1 CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE:.....	149
8.1.1 DISEÑO DE POZO DE CAPATACION:.....	149
8.1.2 CARATERISTICAS HIDRAULICAS DEL MATERIAL ACUIFERO:.....	150
8.1.3 CÁLCULO DE BOMBA DE EJE VERTICAL:.....	151
8.1.4 CÁLCULO DE LA CARGA TOTAL DINÁMICA (CTD)	158
8.1.5 CARGA NETA DE SUCCIÓN DE DISEÑO (CNPSd)	173
8.1.6 CARGA NETA DE SUCCION REQUERIDA (CNPSr)	175
8.1.7 CÁLCULO PARA DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO:	178
<u>IX. Diseño Hidráulico</u>	<u>184</u>
9.1 Diseño hidráulico para El Trillo	83
9.1.1 Análisis Hidráulico con CMH	83
9.1.2 Análisis Hidráulico con CMH más Caudal Contra Incendio	90

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

9.2 Diseño hidráulico para Monte Grande I	97
9.2.1 Análisis Hidráulico con CMH	97
9.2.2 Análisis Hidráulico con CMH más Caudal Contra Incendio	106
9.3 Diseño hidráulico para Monte Grande II	116
9.3.1 Análisis Hidráulico con CMH	116
9.3.2 Análisis Hidráulico con CMH más Caudal Contra Incendio	126
X. ALGORITMOS DE CÁLCULO EN EPANET	137
10.1. DEFINICIONES.....	137
10.2. HIPÓTESIS SIMPLIFICATIVAS	143
10.3. ECUACIONES FUNDAMENTALES	144
10.4. ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED	146
10.4.1. Tuberías.....	146
10.4.2. Bombas	148
10.4.3. Válvulas y Accesorios	149
10.4.4. Emisores.....	153
10.5. PROCESO ANALÍTICO DE RESOLUCIÓN	154
XI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	159
11.1 OBJETIVOS:.....	159
11.2 ACTIVIDADES A REALIZARSE EN EL PROYECTO:	160
11.3 CATEGORÍA AMBIENTAL DEL PROYECTO:.....	160
11.4 IDENTIFICACION DE IMPACTOS:.....	162
11.4.1 POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACION EN LA PERFORACION DE POZOS:	163
11.4.2 POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACION EN LAS REDES, TANQUE, CONEXIONES Y OBRAS DE PROTECCION:	165
11.5 MARCO LEGAL APPLICABLE:	167
XII. CONCLUSIONES.....	168
XIII. RECOMENDACIONES	170
XIV. ANEXOS	171
XV. BIBLIOGRAFIA	187

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

RESUMEN EJECUTIVO

La ciudad de Nandaime es cabecera municipal del Municipio de Nandaime, perteneciente al departamento de Granada. La ciudad se encuentra unos 22 km. al SE de Granada y a unos 15 Km. al Oeste del Lago de Nicaragua.

Tiene los siguientes servicios públicos: electrificación, agua potable y telefonía móvil.

La única fuente de abastecimiento de agua para uso potable de la ciudad de Nandaime es el acuífero contenido en los depósitos aluviales y volcánicos.

El agua subterránea se extrae por medio de tres pozos perforados (El Trillo, Monseñor Vélez y Monte Grande) se encuentra en la parte NO de la ciudad. El caudal total disponible es de 77 l/s.

Los pozos Monseñor Vélez y El Trillo están equipados con aparato de cloro-gas que inyecta el cloro abajo de la conexión de los pozos.

Los pozos están directamente conectados a la red, abastecen el tanque de almacenamiento a través de la red de distribución misma, por lo tanto no existe línea de conducción.

La ciudad de Nandaime tiene actualmente una capacidad de almacenamiento total de aproximadamente 1466.7 m³ realizada con 2 tanques de acero sobre suelo y otro tanque de acero sobre torre con volúmenes de 757,378.5 y 331.2 m³ respectivamente.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

El sistema de distribución de Nandaime cuenta aproximadamente 26.8 Km de tuberías con diámetros comprendidos entre 50 y 200 mm. Existen en la red un elevado número de tramos en A.C., doblados con tramos del mismo diámetro en PVC.

La calidad del agua es generalmente buena para uso potable. Esta dentro de los estándares normados.

El sistema de agua potable consistirá de lo siguiente:

Fuente: 3 pozos perforados (El Trillo, Monte Grande I y II) alimentados por las aguas subterráneas de la cuenca Nandaime.

Sistema Bombeo: Estaciones de bombeo que impulsará el agua hacia un filtro rápido con utilizando bombas SP- 215-4 y SP-5AA el agua será potabilizada, lo que se obtendrá eliminando los químicos y sólidos nocivos.

Potabilización: Cada pozo estará provisto con aparatos de cloro-gas para la desinfección de la agua.

Tanque de almacenamiento: Se almacenará el agua potable en seis tanques, tres de ellos a construirse, y los otros son los ya existentes en el sistema actual (serán rehabilitados). La capacidad de almacenamiento será de aproximadamente 5,109.00m³

Tipo de conducción: Por gravedad (Bomba-Tanque-Red).

Línea de distribución: Del tanque de almacenamiento a la red la que se llevará por gravedad. El sistema de distribución contara con 34.07 Km de tuberías con diámetros comprendidos entre 50 y 200 mm.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Para el caudal de diseño, o dotación del sistema obtendremos la demanda máxima promedio de 96.42 l/s, para lo cual obtendremos la población usuaria del sistema a una proyección de 20 años (que es la vida útil del proyecto), cuyo número de habitantes será de 36,033.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Nandaime es la cabecera del municipio homónimo y se encuentra localizada en el Departamento de Granada.

Se extienden sobre una superficie de 150 hectáreas, los nuevos barrios se están desarrollando alrededor de la ciudad vieja y se extiende actualmente sobre una superficie de unas 20 hectáreas.

Se encuentra ubicada en la región fisiográfica de "La Llanura Costera del Pacífico" y más precisamente en la extremidad septentrional de la Cuenca Hidrogeológica de Nandaime - Rivas, cerca de la base de la Meseta de Carazo, a una elevación de 140 metros s.n.m.

Al igual que la mayoría de las localidades del país, no cuenta con un Plan de Ordenamiento territorial, ni de Desarrollo Urbano. La densidad media de población actualmente es de aproximadamente de 120 hab/ha.

Según las cifras del censo oficial realizado en el año 2005, el número de casas habitadas en el sector urbano ascendían a 3,291 unidades.

En cuanto al sistema de saneamiento, no cuentan con sistema de alcantarillado. El medio común utilizado por la población es la letrina las cuales poseen el 56% del total de las viviendas.

Presenta instalaciones de red de Agua potable en el sector Urbano y en algunos sectores rurales, donde el 38% de las viviendas en el municipio de Nandaime tienen conexiones.

El servicio de agua potable es abastecido por tres pozos, el más antiguo construido durante el año de 1972 y de 1997 el más actual. (Ver perfiles de pozos en **7.4.1 OBRAS DE CAPTACION DE AGUA**)

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Sin embargo existe una deficiencia en el servicio que se brinda, ya que gran parte de las redes de distribución de agua, así como el sistema de bombeo y los pozos han sobrepasado su vida útil y todavía están a cargo de suministrar el preciado mineral a la población, lo que genera problemas que afectan la calidad, cantidad y continuidad del servicio de agua potable.

En la investigación que se presenta a continuación se planteará la problemática que tiene la ciudad de Nandaime ante la necesidad de un eficiente sistema de redes de agua potable, para proponer un nuevo diseño de dicho sistema, y por medio de esta propuesta contribuir a la solución del problema así como también al desarrollo de esta ciudad.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

II. GENERALIDADES

2.1 LOCALIZACIÓN:

La Ciudad de Nandaime se encuentra localizada a 67 kilómetros al sur de Managua, la capital del país, situándose en la zona sur del Departamento de Granada.

De los cuatro municipios que conforman Granada es el segundo municipio con mayor extensión, abarcando una superficie de 150 hectáreas; los nuevos barrios se están desarrollando alrededor de la ciudad vieja y se extiende actualmente sobre una superficie de unas 20 hectáreas. La densidad poblacional del municipio es de entre los 110 y 130hab/ha.

2.2 CLIMA Y TOPOGRAFÍA:

El clima de la zona, según la clasificación de Koppen es de tipo sabana tropical, con una precipitación anual que varía en función de la altitud entre 1250 y 1500 mm. La Temperatura promedio anual se reporta en 26.7º C con una oscilación media de 2.5 º C. El período más caluroso ocurre dentro de marzo a mayo y el más fresco de noviembre a febrero. Las temperaturas medias mínimas alcanzan los valores entre 22.3 y 24.5 º C y las medias máximas varían entre los 29.9 y 34.3 º C.

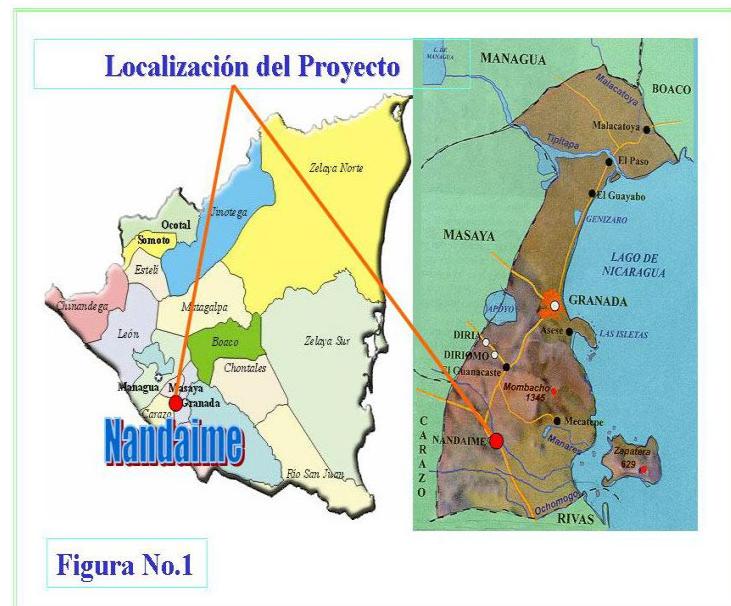


Figura No.1

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

La Topografía es bastante regular en el casco urbano central, con una regular pendiente en dirección Sur-Norte, dirigida hacia el Río Ochromogo. (Ver ANEXOS 14.8 –Plano 1)

2.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL:

El municipio de Nandaime es de origen predominantemente volcánico y se ubica en la región fisiográfica de "La Llanura Costera del Pacífico". En el municipio se aprecia un suave descenso superficial con elevaciones de 170msnm hasta 120 msnm con dirección Noroeste hacia el Sureste.

Según los informes existentes, el acuífero que constituye la Cuenca está constituido por suelos residuales, material coluvial y depósitos aluviales como arenas de finas a medias y limos arenosos intercalados con materiales piroclásticos redepositados (lapilli, cenizas, pómez, tobas volcánicas), que se extienden sobre una superficie de cerca de 400 km², a las orillas del Lago de Nicaragua, entre las ciudades de Nandaime y de Rivas.

En la zona de Nandaime, estos depósitos descansan sobre los materiales piroclásticos de la Formación Las Sierras, constituyendo un único acuífero. (Ver Anexos 14.1 –Mapa 1 Clasificación de suelos de Nandaime)

2.4 ECONOMÍA

La población residente, desarrollan actividades económicas que se relacionan directa o indirectamente con la agricultura, la prestación de servicios y el comercio. Existen cooperativas dedicadas al cultivo de granos básicos y a la ganadería, además cuenta con un rastro municipal (matadero).

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

En el casco urbano la principal fuente de trabajo es el comercio; también existe un mercado municipal y diferentes establecimientos entre ellos vinagreras, molinos, panaderías, bodegas, bares y restaurantes.

La infraestructura de servicios sociales básicos incluyen: centro de salud, centros de educación primaria y secundaria, energía eléctrica, agua potable, telefonía y correos.

2.5 POBLACIÓN:

Nandaime, al igual que la mayoría de las localidades del país, no cuenta con un Plan de Ordenamiento territorial, ni de Desarrollo Urbano. Las autoridades del Municipio, no tienen control sobre el crecimiento de la trama urbana de esta localidad, hecho demostrado por la presencia de una serie de asentamientos que han venido surgiendo, hasta la fecha, como son la Quinta Santa Elena y el Anexo al Javier Guerra, dos de los sectores que presentan más racionamiento.

Según las cifras del censo oficial realizado en el año 2005, el número de casas habitadas en el sector urbano ascendían a 3,291 unidades, las cuales albergaban un total de 15,866 personas, siendo el índice hacinamiento de 4.82 personas/vivienda.

2.6 HIDROGEOLOGÍA:

En la zona de Nandaime, la base del acuífero está constituida, por la formación Brito, formada por materiales de muy baja permeabilidad o impermeables, como areniscas finas, margas, pelitas y grauvacas, de edad Eoceno.

El espesor del depósito acuífero en la zona de Nandaime no es conocido. Los pozos del acueducto han alcanzado una profundidad máxima de 100 metros

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

encontrando siempre materiales sueltos, como arenas y cenizas volcánicas con intercalados escasos niveles arcillosos o limosos.

El agua subterránea escurre en dirección de NO hacia SE, o sea desde las alturas de Las Sierras hacia la llanura y el Lago de Nicaragua, con un gradiente piezométrico medio de 0.010 (Ver Anexos14. 2 – FIGURA 1. Hidrogeológica)

El nivel del agua subterránea se halla, en los pozos de la ciudad de Nandaime, a una profundidad de entre 10 y 15 metros de la superficie.

No se conocen datos sobre las fluctuaciones anuales de los niveles freáticos.

El acuífero se encuentra en condiciones generalmente freáticas o, localmente, semiconfinadas.

Los valores de la capacidad específica de los pozos del acueducto, que se encuentran adentro de la misma ciudad, varían entre 6.8 y 7.7 l/s/m, para caudales de 31 y 17 l/s respectivamente.

La calidad de las aguas es generalmente buena para uso potable. El total de los sólidos disueltos en el agua de los pozos del acueducto varía entre 320 y 342 ppm, según análisis INAA de 1994.

La recarga del acuífero ocurre por infiltración directa de las precipitaciones sobre el área de afloramiento y por flujo subterráneo desde las alturas de Las Sierras. Según estudios de carácter general (Tahal, 1974), la recarga natural de toda la cuenca de Nandaime - Rivas ha sido evaluada en cerca de 50 millones de m³ anuales, a los que corresponde un coeficiente de percolación media de las precipitaciones (unos 1,400 mm anuales) del 10% hacia el acuífero.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

La escorrentía subterránea desde las alturas de Las Sierras hacia la Llanura de Nandaime, calculada como flujo subterráneo a través de la isoipsa de los 300 metros, se calcula en unos 100 millones de m³ anuales.(-Fuente INETER)

No se conoce la entidad de las extracciones totales, mas solamente las extracciones para uso potable de las dos ciudades de Nandaime, Rivas, Potosí, Belén y del acueducto Regional de Buenos Aires, que alcanzan unos 3.3 millones de m³ por año, en total (Datos INAA por el año 1994).

III. ANTECEDENTES

El acueducto existente en la ciudad de Nandaime utiliza las aguas subterráneas de la zona, captada mediante 3 pozos perforados localizados en la parte Sur, Este y Oeste de la ciudad. Cada pozo está equipado con un sistema automático de desinfección a base de cloro gas, aplicado mediante un dosificador del tipo de vacío que inyecta el cloro directamente en la tubería de impulsión.

El caudal extraído de cada pozo asciende a 37 litros por segundo (l/s), siendo operados normalmente 12 horas por día.

La producción que se da en ese período de bombeo es suficiente para cubrir la demanda actual, sin embargo las elevadas pérdidas tanto física, comerciales, tubería obsoleta y en mal estado, agregado a una inadecuada configuración de la red limitan la distribución del agua a los sectores altos de la ciudad. Por lo tanto, el abastecimiento tiene que ser racionado para evitar excesivos gastos en energía

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

eléctrica y uso de químicos, originado un desbalance financiero que repercute en la mala calidad del servicio.

La red de distribución cuenta con aproximadamente 35.4 km de tuberías, con diámetros comprendidos entre 50 mm y 200 mm, con material de PVC Y AC. El sistema posee una infraestructura de Tanque con una capacidad de almacenaje de 1,492 m3.

Existen considerables cantidades de agua no contabilizada (ANC), y representa la causa principal de las pérdidas físicas y pérdidas comerciales. Las pérdidas físicas están representadas por las cantidades de agua utilizadas empleadas en el mantenimiento del sistema; fugas en tuberías, entre otros.

En la ciudad de Nandaime existen altas probabilidades de ocurrencia de pérdidas de agua en tuberías, debido a su antigüedad y al material constitutivo de las mismas. En efecto el inventario de tuberías en líneas de conducción y redes de distribución indican que el 62 % de una longitud total constituye tubería de asbesto cemento con más de 30 años de antigüedad.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

IV. PROBLEMÁTICA DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE

4.1 ELEMENTOS CRÍTICOS DEL SISTEMA:

Los elementos más críticos del sistema, así como los señalados por el Responsable de filial INAA, son:

- a) Las frecuentes rupturas de medidores y tuberías, debidas a el fuerte escurrimiento que hay cuando llueve, en la casi totalidad de las calles de la ciudad, que provoque erosiones y el transporte de piedras bastante grande y pesadas da hacer daño a las instalaciones del acueducto.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- b) La vejez de parte de las tuberías de la red de distribución que es causa de frecuentes rupturas y además los diámetros pequeños para la demanda actual de agua de la ciudad;
- c) La falta de válvulas de seccionamiento en función, que no permite mantener el servicio de distribución durante las reparaciones, por lo que el suministro de agua es intermitente; esto sumado a que el sistema está siendo operado bajo un esquema de racionamiento por sector
- d) No hay suficiente capacidad de almacenamiento, ni tampoco elevación idónea, lo que hace el sistema subordinado a la eficiencia de los pozos y crea área de presión muy baja.

4.2 EN LA GESTIÓN OPERACIONAL – COMERCIAL:

- a) Baja capacidad de medición del consumo de usuarios por cuanto solamente el 27.54 % de las conexiones activas cuenta con medidor en buen estado.
- b) El índice de Agua No Facturada (ANF) en la Ciudad de Nandaime.es del 61.1 % (según datos de la Filial de ENACAL), con valores de producción 1, 375,893 m³ y consumo de 535,455m³, a los que contribuye, en buena medida, la baja micro-medición, existente. Se tiene información que una de las causas de este problema es que las conexiones directas o con medidor en mal estado suministran agua a viviendas no conectadas al sistema

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

4.3 PROBLEMAS DE CARÁCTER AMBIENTAL:

La escasa profundidad del acuífero, que constituye la fuente de abastecimiento para el sistema de agua potable, tiene riesgo de contaminación por infiltración de aguas grises y contaminadas a falta del sistema de alcantarillado sanitario en la ciudad, razón por la cual dos pozos, ubicados en la plaza principal de la ciudad, han sido cerrados por presentar problemas de contaminación.

La comunidad confronta serios problemas de Salud, las cuales según el Centro de Salud de la comunidad, son principalmente enfermedades de origen Hídrico-Entérico, provocada por la proliferación de aguas grises superficiales y condiciones favorables para la reproducción de vectores. Además el consumo de agua insalubre podría ocasionar problemas adversos para la Salud publica, elevándose así los índices de Morbi-Mortalidad.

V. JUSTIFICACION

El proyecto de rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, nace dadas las problemáticas anteriormente expuestas que enfrenta la población en cuanto al servicio de agua potable.

La cobertura de agua potable en el acueducto regional Los Pueblos es del 89.6%, existen serios problemas en cuanto a la cantidad y calidad del servicio ya que cada 1 ½ día de por medio, se está entregando agua de forma intermitente a cada una de las localidades.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Dentro de este marco los estudios del presente proyecto deberán cumplir con los preceptos de ampliar el acceso al servicio de agua potable, en especial hacia los sectores más vulnerables. Asimismo en el sistema de tuberías se eliminará el uso de material restringido por las normativas vigentes (asbesto cemento).

El sistema de abastecimiento de agua potable muestra un valor bajo en la micro medición por el orden del 21.6%; además de presentar problemas hidráulicos en la red, falta de almacenamiento, equipos que han sobrepasado su vida útil, y existe un alto porcentaje de agua (61.1%) no contabilizada según datos de la Filial de ENACAL en la Ciudad de Nandaime.

Teniendo en cuenta la importancia de la reducción y control de las pérdidas de agua como factor de gestión en la operación del acueducto de Nandaime, el diseño a plantearse incrementara las capacidad de medición del consumo de usuarios y a la vez la gestión de cobro en recaudación financiera para el aumento de recursos a invertir en Proyectos de Mejoras en el sistema de agua potable de la ciudad.

Ninguna de las localidades comprendidas en el acueducto regional cuenta con sistema de alcantarillado sanitario, la población recurre como medio alternativo la utilización de letrinas, fosas sépticas o sumideros y otro tanto depositan las excretas directamente en el suelo; por lo que la infiltración de aguas grises y contaminadas representa un enorme riesgo de contaminación del acuífero, que constituye la fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable por su escasa profundidad.

La implementación del nuevo sistema de redes de abastecimiento a proponer para el suministro del vital líquido, así como la construcción de un tanque de almacenamiento con la capacidad debida, será establecido dentro de la preocupación y bajo las políticas del uso racional del recurso y el desarrollo

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

sostenible del servicio de agua potable; esto con la finalidad de incrementar la cobertura de dicho servicio, resolviendo los problemas de interrupciones, ampliando la capacidad de almacenamiento y mejorando las condiciones higiénico sanitarias de la fuente.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

VI. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL:

- Rediseñar el sistema de agua potable, para mejorar las condiciones de abastecimiento de agua en la ciudad de Nandaime, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Proponer un sistema de agua potable que permita mejorar el suministro de dicho mineral, brindándoles un servicio suficiente en cantidad, calidad y continuidad a los habitantes de la ciudad de Nandaime.
- Llevar a cabo estudios poblacionales para el cálculo certero de caudales de diseño que abastezcan de manera eficiente la demanda de la población futura de la Ciudad de Nandaime.
- Diseñar redes de tubería óptimas que permitan evitar el rompimiento de las mismas, así mismo que conceda la disminución considerable de las pérdidas de agua.
- Revisar y constatar estudios topográficos e hidrogeológicos necesarios para identificar las acciones de mejoramiento de los servicios de agua potable

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- Considerar los posibles daños al medio natural durante la ejecución del nuevo sistema de agua potable de la Ciudad de Nandaime, por medio de un análisis de impacto ambiental que indique como prevenir y qué medidas tomar ante dichos daños.

- Propiciar la conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos por medio de un diseño que permita optimizar el recurso agua, logrando mejorar las condiciones de calidad de la fuente de abastecimiento necesarias para garantizar la potabilidad de la misma.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

VII. MARCO TEORICO

7.1 PROYECCION DE LA POBLACION FUTURA:

La proyección de la población futura se efectúa tomando en cuenta la información obtenida en los censos llevados a cabo por INEC (Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos), actualmente INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo). Esta institución maneja y brinda toda la información relacionada con los índices de población nacional, cantidad de habitantes en determinado sector, etc.

Los datos adquiridos muestran:

Población del Municipio de Nandaime			
Año	Población Urbana	Población Rural	Población Total
1950	3,637	4,133	7,770
1963	5,051	8,916	13,967
1971	5,677	8,862	14,539
1995	12,256	19,587	31,843
2005	15,866	18,422	34,288

Tabla 7.1.1 Censos Nacionales de los años 1950 - 2005

Fuente. INIDE- VIII Censo de Población y IV de Vivienda, 2005. - Nandaime en cifras.

Para realizar estas proyecciones de población futura es posible encontrarnos con diversos métodos, entre los cuales podemos definir:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- Método aritmético o crecimiento lineal: Utilizado cuando el crecimiento poblacional es constante e independiente del tamaño de esta, el crecimiento es lineal.
- *Método Geométrico o crecimiento geométrico:* Utilizado cuando el crecimiento de la población es proporcional al tamaño de esta.
- *Método de proporción y correlación:* En este método la tasa de crecimiento de la población de una ciudad cualquiera puede relacionarse con la de una zona mayor.
- *Método logístico:* Se combina una tasa geométrica de crecimiento para baja población con una tasa decreciente a medida que la ciudad se aproxima a algún límite de población.
- Método de la tasa decreciente de crecimiento: Al igual que el método logístico, supone que la ciudad tiene algún límite poblacional de saturación, y que su tasa de crecimiento es una función de su déficit poblacional.

De las condiciones anteriores, usaremos una proyección aritmética de población, para lo cual se usarán los siguientes parámetros:

7.1.1 CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA

A.- Determinación De Tasa De Crecimiento.

Se determinará por el método geométrico las tasas de crecimiento de la población urbana de la ciudad de Nandaime, mediante la siguiente ecuación:

$$r = \frac{P_n^{1/n}}{P_0} - 1$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Donde: P_n= Población al cabo de n años.

P_o= Población actual.

n= Número de años.

r= Incremento geométrico anual.

Año	Tasa de crecimiento (%)			
	1963	1971	1995	2005
1950	2.56	2.14	2.74	2.71
1963		1.47	2.81	2.76
1971			3.26	3.07
1995				2.62

Tabla 7.1.1.1 Índice de incremento geométrico de la Población Urbana de la Ciudad de Nandaime

B.- Proyección De Población Por El Método Geométrico.

Se establecerá la proyección poblacional por el método geométrico con la ecuación a continuación:

$$P_f = P_i(1 + i)^n$$

Donde:

Población inicial: P_i = 15,866 habitantes abastecidos con el sistema actual de agua potable.

Población final: P_f = Población a encontrar

Período de proyección: n = 20 años período de vida útil del proyecto.

Tasa de crecimiento: i = 3.26 % cumpliendo con el rango establecido por las

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Normas Técnicas para diseño Abastecimiento de agua potable INAA Art.1.3.2.2. Se proyectara en base a la mayor tasa de crecimiento poblacional del municipio de Nandaime

No.	Año	Población inicial año n	Población final año n
1	2,011	15,866	18,969
2	2,012	18,969	19,588
3	2,013	19,588	20,226
4	2,014	20,226	20,886
5	2,015	20,886	21,567
6	2,016	21,567	22,270
7	2,017	22,270	22,996
8	2,018	22,996	23,745
9	2,019	23,745	24,519
10	2,020	24,519	25,319
11	2,021	25,319	26,144
12	2,022	26,144	26,996
13	2,023	26,996	27,877
14	2,024	27,877	28,785
15	2,025	28,785	29,724
16	2,026	29,724	30,693

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

17	2,027	30,693	31,693
18	2,028	31,693	32,726
19	2,029	32,726	33,793
20	2,030	33,793	34,895
21	2,031	34,895	36,033

Tabla 7.1.1.2 Proyección de poblacional de la ciudad de Nandaime.

Usando la fórmula de la proyección Geométrica la proyección de la población a 20 años sería (ver tabla 7.1.1.2):

$$P_f = P_i(1 + i)^n = 18,969.00 (1 + 0.0326)^{20} = 36,033 \text{ Habitantes}$$

C.- Proyección De Población Por El Método Aritmético.

$$P_f = P_i(1 + in) = 15,866.00(1 + 0.0326 \times 26) = 26,179 \text{ Habitantes}$$

*USAREMOS EL DATO DE LA PROYECCIÓN GEOMÉTRICA.

7.2 DOTACION PARA EL DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE:

Para obtener el caudal de diseño, además de proyectar una población futura, se hace necesario obtener la cantidad de agua consumida por persona por día (conocida como Dotación). Dicha dotación está determinada principalmente por factores tales como las zonas geográficas y la cantidad de habitantes que esta posea.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

En Nicaragua el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA), proporciona un reglamento o normas donde establece los valores de la dotación. En Managua se obtiene según la clasificación de los barrios, en el resto del país por medio del rango poblacional.

Rango de población	Dotación	
	GPPD	LPPD
0 - 5,000	20	75
5,000 - 10,000	25	95
10,000 - 15,000	30	113
15,000 - 20,000	35	132
20,000 - 30,000	40	151
30,000 - 50,000	45	170
50,000 - 100,000 y más	50	189
Tabla 7.2.1 Dotaciones para el resto del país		

Fuente: INAA. Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003-99). Gobierno de la Republica de Nicaragua. 2001.

Tomando en cuenta las dotaciones anteriormente mostradas (Tabla 7.3.1) y establecidas por INAA, utilizaremos una dotación de 45.00 g/hab/día igual a 170L/hab/día para poblaciones de 30,000 a 50,000 habitantes.

7.2.1 ESTIMACIÓN DE CONSUMO

Para calcular las Variaciones de Consumo los cuales se derivan del Consumo Doméstico Promedio Total (CDPT), se consideran el consumo Comercial, Industrial y Público, cuyos porcentajes son del 7.00%, 2.00% y 7.00% del consumo doméstico respectivamente, establecido en el Art. 2.3.2 según las

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Normas Técnicas para el Diseño De Abastecimiento y Potabilización de Agua del INAA.

Usaremos la dotación de diseño más un 20% del caudal promedio diario por pérdidas o fugas.

El consumo contra incendio para poblaciones mayores a 5,000 habitantes es considerado en la siguiente tabla:

RANGO DE POBLACION		CAUDALES		CAUDALES POR TOMA
De	A	GPM(LPS)	GPM(LPS)	GPM(LPS)
0	5000	No se considera		
5000	10000	80(5)	200(13)	1 toma de 150 (9)
10000	15000	200(13)	350(22)	1 toma de 250 (16)
15000	20000	350(22)	550(35)	2 tomas de 250 c/u(16)
20000	30000	550(35)	1000(63)	3 tomas de 250 c/u(16)
30000	50000	1000(63)	1500(95)	2 tomas de 500 c/u(31)
50000	100000 y mas	1500 (95) y mas		3 tomas de 500 c/u (31) de acuerdo a la importancia del lugar

Tabla 7.3.1.1 Dotación de la capacidad del sistema contra incendio.

Fuente: INAA. Normas técnicas para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09003-99). Gobierno de la Republica de Nicaragua. 2001.

7.2.1.1 CALCULOS PARA LA ESTIMACIÓN DE CONSUMO

✧ Consumo Doméstico:

$$CD = (36033 \text{ hab} \times 45\text{g/hab/dia}) / 1,440\text{min}$$

$$CD = 1,126.03\text{gpm}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

CD= (36033 hab x 170 L/hab/dia)/86,400seg

CD= 70.90 L/seg

✧ Consumo Comercial:

CC= CD x 7%

CC= 78.82 gpm = 4.96 L/seg

✧ Consumo Público:

CP= CD x 7%

CP= 78.82 gpm = 4.96 L/seg

✧ Consumo Industrial:

CI= CD x 2%

CI= 22.52 gpm = 1.42 L/seg

✧ Fugas:

Fugas= CD x 20%

Fugas= 225.21 gpm = 14.18 L/seg

A.- Consumo Doméstico Promedio Total:

CDPT= CD + CC + CP + CI + FUGAS

CDPT= 1,126.03 gpm + 78.82 gpm + 78.82 gpm + 22.52 gpm + 225.21 gpm

CDPT= 1,531.40 gpm = 96.42 L/seg

B.- Demanda Máximo Día.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Dado que la Demanda Máximo Día será calculada para una ciudad que no es Managua se utilizara un parámetro de 150% del Consumo Doméstico Promedio Total como establece Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua.

$$\text{CMD} = 1.50 \times \text{CDPT} = 2,297.10 \text{ gpm} = 144.72 \text{ Lt/seg} = 520.98 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{CMD} = 38.2850 \text{ g/seg} = 0.1447 \text{ m}^3/\text{seg}$$

C.- Demanda Máxima Hora.

Se establece un parámetro de 250% del Consumo Doméstico Promedio Total reglamentado por las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del agua para ciudades fuera de Managua.

$$\text{CMH} = 2.50 \times \text{CDPT} = 3,828.50 \text{ gpm} = 241.20 \text{ Lt/seg} = 868.30 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$\text{CMH} = 63.8083 \text{ g/seg} = 0.2412 \text{ m}^3/\text{seg}$$

AÑO	POBLACIÓN		DOTACIÓN		CONSUMO DOMÉSTICO		CONSUMO COMERCIAL	
	Hab.	g/hab/día	L/hab/día	gpm	L/seg	gpm	L/seg	
2,031	36,033	45.00	170.00	1,126.03	70.90	78.82	4.96	

Tabla 7.2.1.1.1A. Resumen de consumo

CONSUMO PÚBLICO		CONSUMO INDUSTRIAL		CDPT		CMD		CMH	
gpm	L/seg	gpm	L/seg	Gpm	L/seg	Gpm	L/seg	Gpm	L/seg

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

78.82	4.96	22.52	1.42	1,531.4	96.42	38.29	0.145	63.81	0.24
-------	------	-------	------	---------	-------	-------	-------	-------	------

Tabla 7.2.1.1.1B. Resumen de consumo

7.3 PERÍODO DE DISEÑOS:

En los diseños de proyectos de Abastecimiento de Agua se recomienda fijar la vida útil de cada uno de los componentes del sistema, con el propósito de:

- ✧ Determinar que períodos de estos componentes del Sistema, deberán satisfacer las demandas futuras de la comunidad.
- ✧ Qué elementos del sistema deben diseñarse por etapas
- ✧ Cuáles serán las previsiones que deben de considerarse para incorporar los nuevos elementos al sistema.

A continuación se indican los períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable:

Tipos De Componentes	Período De Diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro Lento	20 años
Líneas de Conducción	15 años

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años
Tabla 7.3.1 Periodos de diseños de los componentes de un Sistema de Agua Potable	

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural"
(NTON 09001-99)

7.3.1 VARIACIONES DE CONSUMO:

Las variaciones de consumo estarán expresadas como factores de la demanda promedio diario, y sirven de base para el dimensionamiento de la capacidad de: obras de captación, línea de conducción y red de distribución, etc.

Estos valores son los siguientes:

- Consumo máximo día (CMD)= 1.5 CPD (Consumo promedio diario)
- Consumo máximo hora (CMH)= 2.5 CPD (Consumo promedio diario)

7.3.2 PRESIONES MÁXIMAS Y MÍNIMAS:

Para brindar presiones adecuadas en el funcionamiento del sistema de abastecimiento se recomienda que éstas se cumplan dentro de un rango permisible, en los valores siguientes (Fuente: Normas técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua (NTON 09003-99)

- Presión Mínima: 14.0 metros

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- Presión Máxima: 50.0 metros

Fuente: Normas técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua.
(NTON 09003-99)

7.3.3 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD (C) DE HAZEN -WILLIAMS:

Para los diferentes tipos de materiales en los conductos se muestra la tabla siguiente:

Tabla 7.3.3.1 COEFICIENTE DE HAZEN-WILLIAMS PARA ALGUNOS MATERIALES	
Material	C
Concreto	130
Asbesto cemento	140
Hierro galvanizado	120
Plástico (PE, PVC)	140-150
Tubería lisa nueva	140
Hierro fundido, nuevo	130
Hierro fundido, 10 años de edad	107-113
Hierro fundido, 20 años de edad	89-100
Hierro fundido, 30 años de edad	75-90
Hierro fundido, 40 años de edad	64-83

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural"
(NTON 09001-99)

7.3.4 VELOCIDADES PERMISIBLES EN TUBERÍAS:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Se recomienda fijar valores de las velocidades del flujo en los conductos en un rango para evitar erosión interna o sedimentación en las tuberías.

Los valores permisibles son los siguientes:

- Velocidad mínima = 0.6 m/s
- Velocidad máxima = 2.0 m/s

Fuente: Normas técnicas para el Diseño de Abastecimiento y Potabilización del Agua
(NTON 09003-99)

7.3.5 COBERTURA DE TUBERÍAS:

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 0.7 metros sobre la corona del tubo.

7.3.6 PÉRDIDAS DE AGUA EN EL SISTEMA:

Cuando se proyectan Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad total de agua perdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20%.

7.4 FUENTES DE ABASTECIMIENTO:

El agua subterránea representa una fracción importante de la masa de agua presente en cada momento en los continentes, con un volumen mucho más importante que la masa de agua retenida en lagos o circulante, y aunque menor al

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

de los mayores glaciares, las masas más extensas pueden alcanzar millones de km.

El agua del subsuelo es un recurso importante, pero de difícil gestión, ya que depende de las condiciones hidrogeológicas.

Acuífero cautivo: se encuentra encerrado entre dos capas impermeables y solo recibe el agua de lluvia por una zona en la que existen materiales permeables. A esta zona de recarga se le llama zona de alimentación.

Es una creencia común que el agua subterránea llena cavidades y circula por galerías. Sin embargo, no siempre es así, pues puede encontrarse ocupando los intersticios (poros y grietas) del suelo, del sustrato rocoso o del sedimento sin consolidar, los cuales la contienen como una esponja. La única excepción significativa, la ofrecen las rocas solubles como las calizas y los yesos, susceptibles de sufrir el proceso llamado karstificación, en el que el agua excava simas, cavernas y otras vías de circulación, modelo que más se ajusta a la creencia popular.

El movimiento del agua subterránea se da por porosidad primaria o secundaria.

7.4.1 OBRAS DE CAPTACIÓN DE AGUA:

Se entiende por obras de captación a toda aquella estructura que nos permiten tomar en las mejores condiciones posibles, el agua de la fuente elegida, que por su naturaleza se dispone de aguas atmosféricas, aguas superficiales y aguas subterráneas.

La fuente que abastece el sistema de agua potable de la Ciudad de Nandaime es la Cuenca Hidrogeológica de Nandaime - Rivas, cerca de la base de la meseta de Carazo, a una elevación de 140 m.s.n.m.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

La extracción actual de agua se realiza mediante la utilización de tres pozos perforados, los cuales se describen a continuación:

1. El Trillo

Ubicado al Nor - Oeste de la ciudad, en las coordenadas UTM N 1300226 - E 603695. Construido en el año de 1972, con un diámetro de orificio de 16". La profundidad total del pozo es de 320 pies.

Está equipado con una bomba cuyo motor es de 50 HP, marca SIEMENS, modelo tipo vertical, este pozo bombea un caudal 34.23 L/seg, con un horario promedio de 10 1/2 horas diarias.

2. Monseñor Vélez

El pozo está localizado en el sector sur de la ciudad en las coordenadas UTM N 1299.47 - E 603.435. Fue construido en el año de 1981 con una profundidad total de 300 pies. La sarta es de 4", posee un medidor maestro marca Kent, no posee manómetro.

Está equipado con una bomba tipo sumergible, el motor es de 20 HP e inyecta a la red un caudal promedio de 13 l.p.s con un promedio de 4.0 horas diarias, en caso de emergencia este pozo bombea más horas.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

3. Monte Grande

El Pozo está ubicado en el sector noreste de la ciudad en el sector conocido con el mismo nombre; en las coordenadas UTM N 1224.4 – E 520.85. Construido en el año de 1997, con una profundidad total de 414 pies.

Está equipado con una bomba tipo sumergible, el motor es de 40 HP, marca FranklingElectronic, inyecta a la red un caudal promedio de 30.10 lps con un promedio de 11.06 horas diarias.

7.4.2 CALIDAD DEL AGUA:

Con los datos suministrado por el laboratorio de ENACAL, se puede determinar que el color, la turbiedad, el PH y los contenidos de sólidos totales disueltos, dureza, sodio, calcio, magnesio, potasio, cloruros, sulfatos, nitratos, nitritos y flúor, están por debajo de los límites indicados por las Normas, por lo que se puede decir que, en general, por su calidad física y el contenido mineral de las aguas subterráneas del área, son idóneas para el uso doméstico y el consumo humano.

Cada pozo está equipado con un sistema automático de desinfección a base de cloro gas, aplicado mediante un dosificador del tipo de vacío que inyecta el cloro directamente en la tubería de impulsión. Los valores de los parámetros de Calidad de las Aguas Subterráneas de la Cuenca Nandaime se muestran en (ver ANEXOS 14.6 –*Calidad del agua subterránea de nandaime tabla 1*).

7.5 ESTACIONES Y EQUIPO DE BOMBEO:

Son estructuras destinadas a elevar un fluido desde un nivel energético inicial a un nivel energético mayor.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Generalmente las estaciones de bombeo constan de rejas, cámara de succión, las bombas propiamente dichas, línea de impulsión.

Su uso es muy extendido en los varios campos de la ingeniería, así, se utilizan en:

- Redes de abastecimiento de agua potable, donde su uso es casi obligatorio, salvo en situaciones de centros poblados próximos de cadenas montañosas, con manantiales situados a una cota mayor;
- Red de alcantarillado, cuando los centros poblados se sitúan en zonas muy planas, para evitar que las alcantarillas estén a profundidades mayores a los 4 - 5 m;
- Sistema de riego, en este caso son imprescindibles si el riego es con agua de pozos no artesianos;
- Sistema de drenaje, cuando el terreno a drenar tiene una cota inferior al recipiente de las aguas drenadas;
- En muchas plantas de tratamiento tanto de agua potable como de aguas servidas, cuando no puede disponerse de desniveles suficientes en el terreno;
- Un gran número de plantas industriales

7.5.1 CASETA DE CONTROL:

La caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

7.5.2 FUNDACIONES DE EQUIPOS DE BOMBEO:

La fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días.

7.5.3 EQUIPO DE BOMBEO Y MOTOR:

7.5.3.1 Bombas Verticales

Los equipos de bombeo que generalmente se emplean para pozos perforados son los de turbina de eje vertical y sumergible, para su selección deben tomarse en cuenta los factores siguientes:

- ❖ Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo efectuadas al pozo.
- ❖ Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- ❖ El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse según la tabla siguiente:

Diámetro Interno Ademe del Pozo		Caudal de Bombeo	
(Pulgada)	mm	Gpm	Lps
6	150	160	10
8	200	240	15
10	250	400	25

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla 7.5.3.1.1 Relación Diámetro Interno del Pozo y Caudal de Bombeo

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural" (NTON 09001-99)

- ❖ El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba, será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal, en la tabla a continuación se reflejan estos valores.

Diámetro de Columna de Bombeo		Caudal de Bombeo	
(Pulgada)	mm	Gpm	Lps
3	75	50	3.15
4	100	100	6.30
6	150	600	37.8

Tabla 7.5.3.1.2 Relación Diámetro Columna de Bombeo y Caudal de Bombeo

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural" (NTON 09001-99)

- ❖ Calidad del Eje
- ❖ Tipo de impulsores
- ❖ Característica del arranque y puesta en marcha
- ❖ Flexibilidad de Operación
- ❖ Curvas características de las bombas
- ❖ Golpe de ariete
- ❖ Tuberías en succión y descarga de equipos de bombeo.

El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberán ser menores que las admitidas por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción excéntrica.

- ✧ La velocidad que se recomienda en la tubería de succión se indican en la tabla siguiente:

Velocidad (m/s)	Diámetro(mm)	Caudal(Ips)
0.75	50	Hasta 1.5
1.10	75	5
1.30	100	10
Tabla 7.5.3.1.3 Velocidad en la tubería de Succión según el diámetro y caudal.		

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural" (NTON 09001-99)

En la tubería de descarga se deberá efectuar un estudio económico-comparativo de diversos diámetros para seleccionar el más apropiado. En la descarga o sarta de la bomba deberán considerarse una válvula de compuerta y una válvula de retención, para la selección del diámetro se recomienda en la tabla siguiente:

Diámetro de Sarta		Rango de Caudales	
(Pulgada)	mm	Gpm	Lps
2	50	80	5.05
3	75	200	12.60
Tabla 7.5.3.1.4 Diámetro de Sarta en Relación a un Rango de Caudales.			

Fuente: Normas técnicas del INAA. "Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural" (NTON 09001-99)

El diámetro de la sarta está definida por el diámetro del medidor de agua. La válvula de retención debe colocarse entre la bomba y la válvula de compuerta, se

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

deberá considerar una válvula de alivio para proteger la instalación del golpe de ariete recomendándose los siguientes diámetros de acuerdo a la tabla a continuación:

Diámetro de Válvula		Rango de Caudales	
(Pulgada)	mm	Gpm	Lps
3	75	25 - 500	15.8 – 31.5
2	50	60 – 250	3.8 – 15.8
1	25	60	3.8

Tabla 7.5.3.1.5 Diámetro de Válvula de alivio con el caudal de descarga.

Las sartas deberán llevar:

- Medidor Maestro
- Manómetro con llave de chorro ½”
- Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.
- Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar las fuerzas que actúan en los atraques para obtener un buen diseño.

7.5.3.2 Bombas Horizontales

Las bombas centrífugas horizontales generalmente se emplean para pozos llanos y con un nivel de agua no mayor de 5.5 mts por debajo del centro de la bomba y con un límite máximo de aspiración que se fija con la presión atmosférica.

Cuando las bombas centrífugas horizontales se colocan por encima del nivel de agua que van a bombear, es necesario para que trabajen que el tubo de succión y la bomba, estén completamente llenos de líquidos antes de que la bomba comience a funcionar, esto se logra al colocar una válvula de pie en el extremo

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

inferior del tubo de succión por debajo del nivel del agua y cebando la bomba, lo cual se puede realizar por cualquiera de las siguientes formas:

- a) Por medio de una bomba pequeña de mano para la ceba que extrae el aire de la caja de la bomba.
- b) Llenando la caja de la bomba con agua procedente de un tanque elevado, por medio de una válvula que conecte a la caja con el tanque mediante tubería.
- c) Por medio de un inyector operado por aire, agua o vapor.
- d) Empleando un tanque de cebado que contenga una cantidad suficiente de líquido para establecer el flujo a través de la bomba al arrancar.
- e) Empleando una bomba de vacío.

En los aspectos relacionados a los motores eléctricos, tipo de energía y la conexión de la sarta se consideran los mismos criterios que en las bombas verticales.

7.5.3.3 Motores Eléctricos

De acuerdo al tipo de bomba a instalarse se tienen motores eléctricos verticales que se emplean para bombas centrifugas en pozos profundos, motores eléctricos sumergibles y motores para bombas horizontales con capacidad de uso corriente dados por los fabricantes que oscilan desde los 3, 5, 7, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125 hasta 200 HP, y de mayor capacidad.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a las pérdidas mecánicas.

Las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.

7.5.3.4 Golpe De Ariete

Se denomina golpe de ariete el efecto de choque violento o sobrepresión súbita producido sobre las paredes del conducto forzado, al modificarse de manera instantánea el movimiento del flujo como puede ocurrir en el caso del cierre repentino de una válvula.

7.6 RED DE DISTRIBUCIÓN Y ABASTECIMIENTO:

La red de distribución es el sistema de conductos cerrados, que permite distribuir el agua bajo presión a los diversos puntos de consumo, que pueden ser conexiones domiciliares o puestos públicos.

Su diseño depende de las condiciones de operación de la red de distribución como el trazado, el caudal, y las presiones del servicio. El trazado de las redes obedecerá a la topografía del terreno.

Antes de lograr un diseño de red de abastecimiento, deben considerarse los aspectos siguientes antes:

- a) Se deberá diseñar para la condición del consumo de hora máxima al final del periodo de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 2.5 al consumo promedio diario ($CHM=2.5CPD$, más las pérdidas).

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- b) El sistema de distribución puede ser de red abierta, de malla cerrada o una combinación de ambos.
- c) La red se deberá proveer de válvulas, accesorios y obras de arte necesarias, para asegurar su buen funcionamiento y facilitar su mantenimiento.

7.6.1 LÍNEA DE CONDUCCIÓN:

Están conformadas por tuberías principales y de relleno. La red de tuberías principales es la encargada de distribuir el agua procedente de la fuente de abastecimiento en las diferentes zonas de la población, formando el enlace entre la obra de captación y la red de distribución; mientras que la tubería de relleno son las encargadas de hacer las conexiones domiciliares.

De acuerdo a la naturaleza y características de la fuente de abastecimiento, se distinguen dos clases de líneas de conducción, conducción por gravedad y conducción por bombeo.

7.6.1.1 Línea de Conducción por Gravedad.

En el diseño de una línea de conducción por gravedad se dispone, para transportar el caudal requerido aguas abajo, de una carga potencial entre sus extremos que puede utilizarse para vencer las pérdidas por fricción originadas en el conducto al producirse el flujo. Se deberá tener en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario ($CMD = 1.5 CPD$).

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 más, incorporando en la línea tanquillas rompe presión donde sea necesario.

7.6.1.2 Línea de Conducción por Bombeo.

En el diseño de una línea de conducción por bombeo, se hará uso de una fuente externa de energía, para impulsar el agua desde la toma hasta la altura requerida, venciendo la carga estática y las pérdidas por fricción originadas en el conducto al trasladarse el flujo. Deberá considerarse los siguientes aspectos:

- a) Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen William u otra similar.
- b) Para determinar el mejor diámetro se aplicara la fórmula de Bresse.
- c) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio ($CMD=1.5 CP$, más las pérdidas).
- d) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

7.7 TANQUES DE ALMACENAMIENTO:

Los tanques de agua son un elemento fundamental en una red de abastecimiento de agua potable, para compensar las variaciones horarias de la demanda de agua potable. En efecto, las plantas de tratamiento de agua potable funcionan mejor si tienen poca variación del caudal tratado. Las plantas de tratamiento se dimensionan por lo tanto para que puedan producir la cantidad total de agua que la ciudad o pueblo consume a lo largo del día, y los tanques absorben las variaciones horarias: cuando hay poco consumo (como en la noche) se llenan, y cuando el consumo es máximo (como, por ejemplo, a la hora de cocinar) se vacían.

7.7.1 TIPOS DE TANQUES:

Los tanques de agua, desde el punto de vista de su uso, pueden ser:

- ❖ Públicos, cuando están localizados de forma tal en la ciudad que pueden abastecer a un amplio sector de esta
- ❖ Privados, cuando se encuentran al interior de las viviendas, o en el terreno de un edificio de apartamentos, y sirven exclusivamente a los moradores de este.

Desde el punto de vista de su localización, los tanques de agua pueden ser:

- ❖ Enterrados
- ❖ Apoyados sobre el suelo

** Estos dos tipos de tanques pueden llegar a tener grandes dimensiones, hasta varios miles de m³

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- ❖ Elevados en torres, a estos se les llama también torres de agua. Estos tanques tienen la función de asegurar en la red la presión adecuada, en los períodos de pico de consumo para consumo máximo.

7.7.2 TIPOS DE TANQUES RECOMENDADOS CONSTRUIR EN EL PAÍS:

Las Normas técnicas del INAA. “Diseño de Abastecimiento de Agua Potable en el Medio Rural” (NTON 09001-99) recomiendan construir los tipos de tanques a continuación:

7.7.2.1 Tanque Sobre El Suelo.

Se recomienda este tipo de tanque en los casos siguientes:

Cuando la topografía del terreno lo permita y en comunidades rurales que dispongan localmente de materiales de construcción como piedra bolón o cantera.

En el diseño de los tanques sobre el suelo debe de considerarse lo siguiente:

- a) Cuando la entrada y salida de agua es por medio de tuberías separadas, estas se ubicarán en los lados opuestos con la finalidad de permitir la circulación del agua.
- b) Debe considerarse un paso directo y el tanque conectado tipo puente (by-pass), de tal manera que permita mantener el Servicio mientras se efectúe el lavado o reparación del tanque.
- c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- d) Se instalarán válvulas de compuerta en todas las tuberías, limpieza, entrada y salida con excepción de la de rebose, y se recomienda que las válvulas y accesorios sean tipo brida.
- e) Se debe de considerar los demás accesorios como; escaleras, respiraderos, indicador de niveles y acceso con su tapadera.
- f) Se recomienda que los tanques tengan una altura máxima de 3.0 metros, con un borde libre de 0.50 metros y deberán estar cubiertos con una losa de concreto. En casos especiales se construirán tanques de acero sobre el suelo.

7.7.2.2 Tanques Elevados.

En el diseño de tanques elevados que generalmente son de acero debe de considerarse lo siguiente.

- a) El nivel mínimo del agua en el tanque debe ser capaz de lograr presiones adecuadas en la Red de distribución.
- b) Se debe emplear la misma tubería de entrada y salida del agua, en el caso que el sistema fuese del tipo Fuente-Red-Tanque.
- c) La tubería de rebose descargará libremente sobre una plancha de concreto para evitar la erosión del suelo.
- d) Se instalarán válvulas de compuertas en todas las tuberías, exceptuando la de rebose y se recomienda que todas las válvulas y accesorios sean tipo brida.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- e) Debe considerarse los demás accesorios como; escaleras, dispositivos de ventilación, acceso con su tapadera indicador de niveles y en caso especiales una luz roja para prevenir accidentes aéreos en vuelos nocturnos.
- f) Las escaleras exteriores deben tener protección adecuada y se diseñarán dispositivos que permitan controlar el nivel máximo y mínimo del agua en el tanque.

7.7.2.3 Tipo Cisterna.

Este tipo de almacenamiento se recomienda en pequeñas granjas o comunidades rurales donde se carece de aguas superficiales, o subterráneas, por lo tanto el agua de lluvia es la fuente disponible de abastecimiento local.

El agua de lluvia que escurre en los sistemas de techos se conduce a través de canales y ductos de bajantes a las cisternas de almacenamiento situado sobre el piso o soterrado.

La cisterna puede ser construida de mampostería u hormigón armado, en ella se puede emplazar una bomba de mano de acción directa o de mecate para la distribución de agua.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

VIII. CALCULO HIDRÁULICO

8.1 CALCULO DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE:

8.1.1 DISEÑO DE POZO DE CAPATACION:

Para la realización del diseño propuesto a continuación se tomó como base el estudio de “Reconocimiento Hidrogeológico y Selección de Sitios de Perforación de pozos en Nandaime, Granada”. Elaborado en Agosto del año 2009 por Ing. Benjamín Berrios. (Ver ANEXO 14.4)

Las Normas Técnicas Para El Diseño De Abastecimiento y Potabilización Del agua del INAA establece que para el diseño de estaciones de bombeo de pozos profundos la profundidad e instalación de la bomba estará definida por las condiciones hidráulicas del acuífero y el caudal a extraerse teniendo muy en cuenta:

- ▶ Nivel de bombeo, de acuerdo a prueba de bombeo.
- ▶ Niveles naturales de agua subterránea en verano e invierno.
- ▶ Sumergencia de la bomba.
- ▶ Factor de seguridad.

El diámetro del ademe debe estar relacionado al caudal a extraerse de acuerdo a las Tablas 6-1 y 6-2 en el Capítulo VI. 6.2.2 de las Normas Técnicas Para El Diseño De Abastecimiento y Potabilización Del agua, establecidas por INAA. (Ver Tabla 7.5.3.1.1 y Tabla 7.5.3.1.2)

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

8.1.2 CARATERISTICAS HIDRAULICAS DEL MATERIAL ACUIFERO:

A fin de visualizar las características hidráulicas en las áreas de los pozos existentes se revisaron las características hidrogeológicas de las formaciones.

Las características hidrogeológicas de la Formación Las Sierras son las siguientes:

- Medio físico : Poroso
- Transmisibilidad : alta – media
- Permeabilidad: buena
- Rendimiento: 900-4500 l/min
- Coeficiente de Almacenamiento: 2.9×10^{-6} hasta 0.12

El grupo Las Sierras, extendiéndose desde Nandaime en el sureste hasta Nagarote el Noroeste y con una extensión transversal promedio de 25 km, contiene uno de los mejores y más extensos acuíferos del país. Las transmisibilidades alcanzan valores hasta de 275,000 GPD/pie ($3,415 \text{ m}^2 / \text{día}$).

Además se revisaron los caudales de operación actuales, presión de trabajo, niveles estáticos y dinámicos con los caudales de operación.

Los resultados fueron los siguientes (Ver Tabla 8.1.2.1):

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Pozo n°	AB(pies)	NEA (pies)	Caudal de Operación (gpm)	NB (pie)	DESCENSO (pie)	Capacidad Específica (gpm/pie)	Observa- ciones
3	1.17	34.7	213	40.6	5.9	36.2	1299.303 N; 603.427 E; CE inicial 43.4 gpm/pie; Código D-7-72; Monseñor Velez
4	1.00	51.6	550	65	13.6	40.4	1300.050 N; 603.685 E; CE inicial 33 gpm/pie; Código I-CP-35; El Trillo
5	2.00	127.6	431	137.4	9.8	44.0	1300.673 N; 601.458 E; CE inicial 45 gpm/pie; Código R-1-97; Monte Grande
Total			1194 gpm				

Tabla 8.1.2.1 Resumen de mediciones de Niveles Estáticos, Caudales de Operación y Niveles Dinámicos.

A como se puede observar en la tabla n° 1, en el acueducto de Nandaime los caudales de operación varían de 213 a 550 gpm y la capacidad específica de 36 a 44 gpm/pie; con una oferta total de 1194 gpm (75.3 lps).

8.1.3 CÁLCULO DE BOMBA DE EJE VERTICAL:

El cálculo de la bomba se hace con el caudal máximo día.

Ya que son 3 pozos los que abastecerán a la ciudad de Nandaime se procede a sectorizar la cobertura que tendrá cada pozo; calculando luego el caudal con el que trabajará cada bomba de la siguiente manera:

-Cálculo Del Caudal Por M² (Q):

$$Q = Qd / At$$

Donde:

Caudal de máximo día: **Qd= 144.72 L/seg**

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Area total: $A_t = 1,909,895.62 \text{ m}^2$

$$Q = 144.72 \text{ L/seg} / 1,909,895.62 \text{ m}^2$$

$$Q = 7.57738 \text{ E-05 L/seg} / \text{m}^2$$

-Cálculo Máximo Día Sectorizado (Q_{md}):

$$Q_{md} = Q \times A_s$$

Donde:

Caudal por cada m²: $Q = 7.57738 \text{ E-05 L/seg} / \text{m}^2$

Área sectorizada: A_s

Para el sector del Trillo:

$$Q_{md} = 7.57738 \text{ E-05 L/seg} / \text{m}^2 \times 787,096.6617 \text{ m}^2$$

$$Q_{md} = 59.641 \text{ l/seg} = 945.36 \text{ gpm} = 5,152.982 \text{ m}^3 / \text{día} = 0.060 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$Q_{md} = 7.57738 \text{ E-05 L/seg} / \text{m}^2 \times 487,697.16 \text{ m}^2$$

$$Q_{md} = 36.955 \text{ l/seg} = 585.76 \text{ gpm} = 3,192.912 \text{ m}^3 / \text{día} = 0.037 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$Q_{md} = 7.57738 \text{ E-05 L/seg} / \text{m}^2 \times 635,101.7952 \text{ m}^2$$

$$Q_{md} = 48.124 \text{ L/seg} = 762.80 \text{ gpm} = 4,157.914 \text{ m}^3 / \text{día} = 0.048 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

-Cálculo del Caudal de Bombeo (Q_b):

$$Q_b = Q_{md} N / 24$$

Siendo:

$$Q_{md} = \text{Caudal máximo día (CMD).}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

N =Número de horas de bombeo.

Para el sector del Trillo:

$$Q_b = 0.060 \times 16 / 24$$

$$Q_b = 0.04 \text{ m}^3/\text{seg} = 40.00 \text{ Lt/seg} = 634.92 \text{ g/min}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$Q_b = 0.037 \times 16 / 24$$

$$Q_b = 0.025 \text{ m}^3/\text{seg} = 25.00 \text{ Lt/seg} = 396.83 \text{ g/min}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$Q_b = 0.048 \times 16 / 24$$

$$Q_b = 0.032 \text{ m}^3/\text{seg} = 32.00 \text{ Lt/seg} = 507.94 \text{ g/min}$$

- Cálculo del Diámetro Interno de la Tubería de Descarga (\emptyset):

Según Bresse, el diámetro interno de la tubería de la bomba sería:

$$\emptyset = K X^{1/4} Q_b^{1/2}$$

Donde:

$$K = 1.30$$

X =Número de horas de bombeo/24

Q_b = Caudal de bombeo. En m^3/seg

Para el sector del Trillo:

$$\emptyset = 1.30(16/24)^{1/4} \times 0.040^{1/2}$$

$$\emptyset = 10 \text{ pulg} \approx 254\text{mm}$$

Para el sector de Monte Grande I:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$$\varnothing = 1.30(16/24)^{1/4} \times 0.025^{1/2}$$

$$\varnothing = 8 \text{ pulg} \approx 203\text{mm}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$\varnothing = 1.30(16/24)^{1/4} \times 0.032^{1/2}$$

$$\varnothing = 10 \text{ pulg} \approx 254\text{mm}$$

-Cálculo de Velocidad de Descarga:

$$V = (4Q) / (\Pi \times \varnothing^2)$$

Siendo:

Q = Caudal de Bombeo

\varnothing = Diámetro interno de Tubería

Para el sector del Trillo:

$$V = (4 \times 0.040) / [3.1416 \times (0.254)^2]$$

$$V = 0.789 \approx 0.8 \text{ m/seg}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$V = (4 \times 0.025) / [3.1416 \times (0.203)^2]$$

$$V = 0.772 \approx 0.8 \text{ m/seg}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$V = (4 \times 0.032) / [3.1416 \times (0.254)^2]$$

$$V = 0.653 \approx 0.7 \text{ m/seg}$$

Cumpliendo con $0.6\text{m/seg} < V < 1.5\text{m/seg}$

*Si consideramos para el bombeo una velocidad del flujo de agua de 1.30 m/seg obtendríamos un diámetro de tubería de:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$$Q_b = VA$$

Siendo:

A = La sección de la tubería

V = Velocidad calculada anteriormente.

Para el sector del Trillo

$$A = Q_b/V = 0.040/0.8$$

$$A = 0.050m^2$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$A = Q_b/V = 0.025/0.8$$

$$A = 0.031m^2$$

Para el sector de Monte Grande II

$$A = Q_b/V = 0.032/0.7$$

$$A = 0.046m^2$$

De la siguiente Ecuación:

$$A = \pi \varnothing^2 / 4$$

Obtenemos el diámetro de Descarga (\varnothing):

$$\varnothing = \sqrt{4A/\pi}$$

Para el sector del Trillo:

$$\varnothing = \sqrt{(4 \times 0.050) / 3.1416}$$

$$\varnothing = 0.2523m$$

$$\varnothing = 10 \text{ pulg} \approx 254mm$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$\varnothing = \sqrt{(4 \times 0.031) / 3.1416}$$

$$\varnothing = 0.1987m$$

$$\varnothing = 8 \text{ pulg} \approx 200mm$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Para el sector de Monte Grande II:

$$\varnothing = \sqrt{[(4 \times 0.046) / 3.1416]}$$

$$\varnothing = 0.2420\text{m}$$

$$\varnothing = 10 \text{ pulg} \approx 254\text{mm}$$

- Cálculo del Diámetro Interno de la Tubería de Succión (\varnothing):

Para la Tubería de Succión el diámetro será el diámetro superior de la descarga.

Para el sector del Trillo:

$$\varnothing = 12''(0.304\text{mm})$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$\varnothing = 10''(254\text{mm})$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$\varnothing = 12''(0.304\text{mm})$$

-Cálculo de Velocidad de Succión:

$$V = (4Q) / (\Pi \times \varnothing^2)$$

Donde:

Q = Caudal de Bombeo

\varnothing = Diámetro interno de Tubería

Para el sector del Trillo:

$$V = (4 \times 0.040) / [3.1416 \times (0.304)^2]$$

$$V=0.6 \text{ m/seg}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Para el sector de Monte Grande I:

$$V = (4 \times 0.025) / [3.1416 \times (0.254)^2]$$

$$V=0.5 \text{m/seg}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$V = (4 \times 0.032) / [3.1416 \times (0.304)^2]$$

$$V=0.4 \text{ m/seg}$$

***Cumpliendo con Vsucción < 0.9 m/seg**

-Cálculo de Sumergencia:

$$S = 2.5 \text{ } \varnothing_s + 0.1$$

Donde:

\varnothing_s = Diámetro de Succión

Para el sector del Trillo:

$$S = 2.5 \times (0.304) + 0.1$$

$$S = 2.821 \text{pies}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$S = 2.5 \times (0.254) + 0.1$$

$$S = 2.427 \text{ pies}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$S = 2.5 \times (0.304) + 0.1$$

$$S = 2.821 \text{pies}$$

***Se Requiere Una Sumergencia Mínima De 20 Pies ≈ 6 m**

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

8.1.4 CÁLCULO DE LA CARGA TOTAL DINÁMICA (CTD)

$$\text{CTD} = \text{NB} + \text{CED} + hfcolumna + hfdesc$$

Donde:

NB= Nivel más bajo durante el bombeo
NEA= Nivel Estático del Agua
CED= Carga Estática de la Descarga
hfcolumna= Perdidas en la columna dentro del pozo
hfdesc= Perdidas en la descarga

$$\text{NB} = \text{NEA} + \text{variación} + \text{abatimiento}$$

$$\text{CED} = \text{Nivel del agua en la descarga} - \text{Nivel más bajo en la superficie}$$

$$hfcolumna = 5\% Lc$$

$$hfdesc = 10.674[(Q/C)^{1.852} \times (L/\varnothing^{4.871})]$$

Donde:

C= coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
L = longitud total de tubería

A.- Bomba del Pozo El Trillo

$$\text{NB} = 51.6 \text{ pies} + 128.4 \text{ pies} + 100 \text{ pies}$$

$$\text{NB} = 280 \text{ pies} \approx 85.34 \text{ m}$$

$$\text{CED} = 146 \text{ m} - 135.10 \text{ m}$$

$$\text{CED} = 10.9 \text{ m}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$hfcolumna = 0.05 \times 300$ pies

$hfcolumna = 15$ pies ≈ 4.57 m

Utilizando la tabla 8.1.2.1.A. de pérdidas localizadas en longitudes equivalentes (en metros de tubería recta):

Accesorio	Cantidad	Le (longitud equivalente) m	Le Total
C - 90 radio mediano	1	7.9	7.9
Tee paso directo	1	6.1	6.1
VC	1	2.1	2.1
VR(Liviano)	1	24.0	24.0
Medidor	1	10.0	10.0
C - 90 radio corto	2	9.5	19.0
Salida al tanque	1	9.0	9.0
Σ Le Total = 78.10 m			

Tabla 8.1.2.1.A - Fuente. Diseño de acueductos y alcantarillados por Ricardo Alfredo López Cualla, 2da. Edición.

$$L_{real} = Le_{total} + L_{tubería}$$

$$L_{real} = 78.10 \text{ m} + 150 \text{ m}$$

$$L_{real} = 228.1 \text{ m}$$

$$hfdesc = 10.674[(Q/C)^{1.852} \times (L/\varnothing^{4.871})]$$

Donde:

$C = 130$ para hierro fundido

$Q_b = 0.040 \text{ m}^3 / \text{seg}$

$\varnothing = 12 \text{ pulg.} \approx 0.304 \text{ m}$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$$hf_{desc} = 10.674[(0.040/130)^{1.852} \times (228.1/0.304^{4.871})]$$

$$hf_{desc} = 0.252 \text{ m}$$

$$CTD = NB + CED + hf_{columna} + hf_{desc}$$

$$CTD = 85.34 + 10.9 + 4.57 + 0.252 \text{ m}$$

$$CTD = 101.1 \text{ m} \approx 331.5 \text{ pies}$$

$$Q_d = 0.060 \text{ m}^3 / \text{seg} \approx 216 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$H_b = CTD = 331.5 / 3 \text{ tazones} = 110.5 \text{ pies}$$

Q (m ³ / h)	(Q / Qd)	(Q / Qd) ²	hf diseño	hf	NB + CED	Hb	
			(m)	(m)	(m)	(m)	(pies)
0	0.00	0.00	4.82	0.00	96.24	96.24	315.75
40	0.19	0.03	4.82	0.17	96.24	96.41	316.29
80	0.37	0.14	4.82	0.66	96.24	96.90	317.92
120	0.56	0.31	4.82	1.49	96.24	97.73	320.63
160	0.74	0.55	4.82	2.65	96.24	98.89	324.43
200	0.93	0.86	4.82	4.13	96.24	100.37	329.31
240	1.11	1.23	4.82	5.95	96.24	102.19	335.28
280	1.30	1.68	4.82	8.10	96.24	104.34	342.33

De la gráfica de la bomba (**Ver gráfica a continuación**) obtenemos:

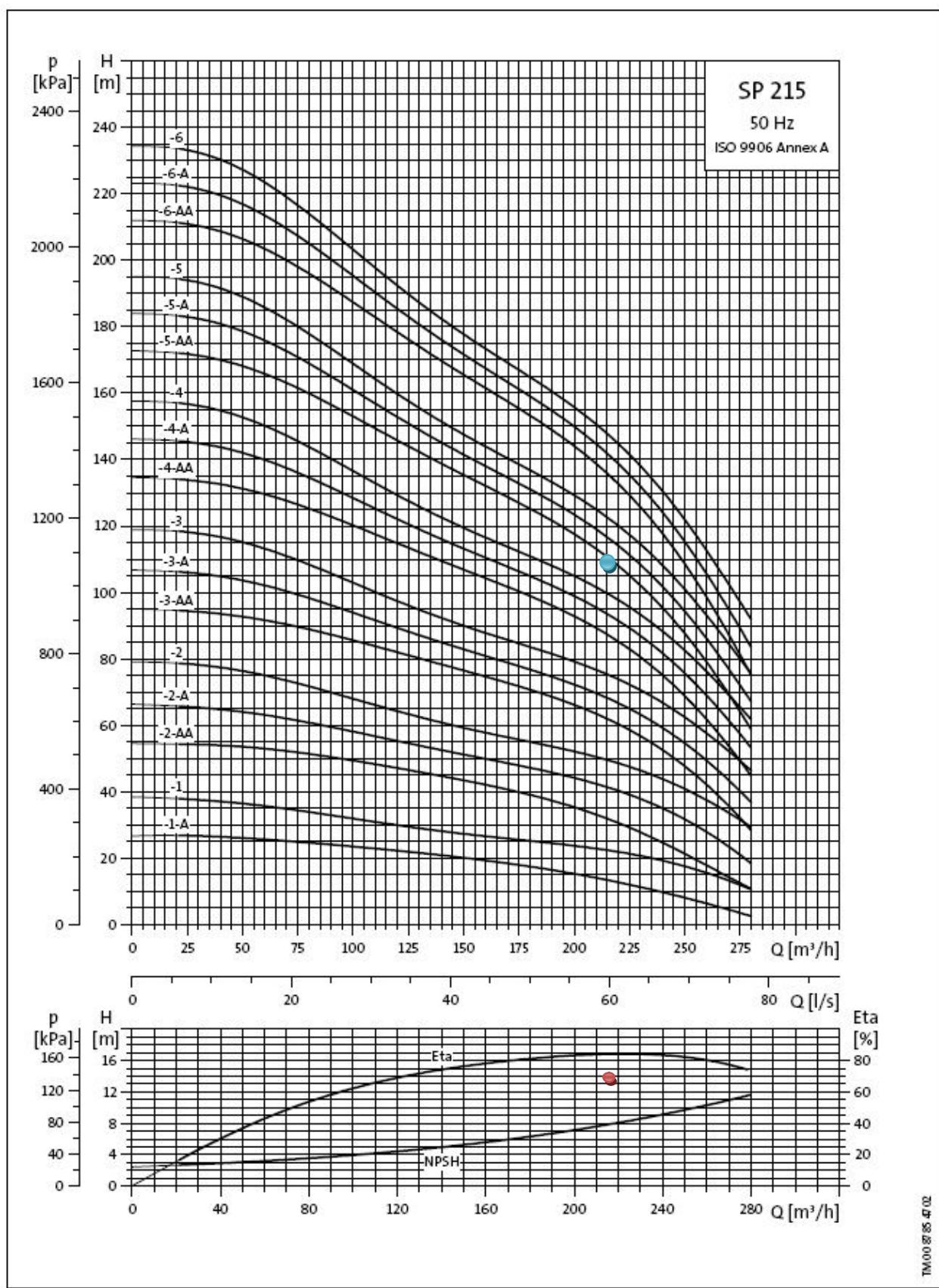
Modelo de bomba = SP 215 -4

Eficiencia = 50.2%

NPSH = 10.2 m

Potencia = 75 KW

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

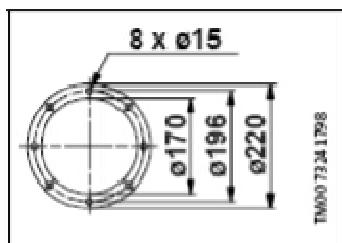
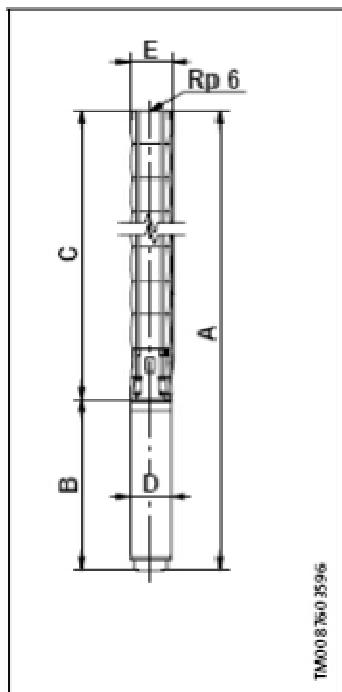


DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Datos técnicos

Bombas sumergibles
SP 215

Dimensiones y pesos



Tipo de bomba	Motor		Dimensiones [mm]								Peso neto [kg]		
	Tipo	Po-tencia [kW]	Conexión Rp 6				Brida Grundfos 6"						
			A	C	E*	E**	A	C	E*	E**			
SP 215-1-A	MS 6000	15	1489	790	241	247	1489	790	241	247	699	138	92
SP 215-1	MS 6000	18,5	1544	790	241	247	1544	790	241	247	754	138	97
SP 215-2-AA	MS 6000	30	1910	966	241	247	1910	966	241	247	944	138	127
SP 215-2-A	MMS 6000	37	2391	966	241	247	2391	966	241	247	1425	144	174
SP 215-2	MMS 8000	45	2236	966	241	247	2236	966	241	247	1270	192	228
SP 215-3-AA	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3-A	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3	MMS 8000	63	2632	1142	241	247	2632	1142	241	247	1490	192	279
SP 215-4-AA	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4-A	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-5-AA	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5-A	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5	MMS 8000	92	3554	1494	241	247	3554	1494	241	247	2060	192	364
SP 215-6-AA	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6-A	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-7-AA	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7-A	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-8-AA	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8-A	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-9-AA	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9-A	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-10-AA	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10-A	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-11	MMS 12000	220	4990	2850	286	286					2140	286	853

* Diámetro máx. de bomba con un cable de motor.

** Diámetro máx. de bomba con dos cables de motor.

Los tipos de bombas están también disponibles en versiones R y N, ver página 5 para más detalles.

Dimensiones arriba indicadas.

Otros tipos de conexión posibles mediante piezas de conexión, ver página 85.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

B.- Bomba del Pozo Monte Grande I

$$NB = 127.6 \text{ pies} + 152.4 \text{ pies} + 100 \text{ pie}$$

$$NB = 380 \text{ pies} \approx 115.82 \text{ m}$$

$$CED = 180 \text{ m} - 169.998 \text{ m}$$

$$CED = 10 \text{ m}$$

$$hfcolumna = 0.05 \times 400 \text{ pies}$$

$$hfcolumna = 20 \text{ pies} \approx 6.1 \text{ m}$$

$$hfdesc = 10.674[(Q/C)^{1.852} \times (L/\varnothing^{4.871})]$$

Donde:

$$C = 130 \text{ para hierro fundido}$$

$$Q_b = 0.025 \text{ m}^3 / \text{seg} \quad Q \text{de bombeo}$$

$$\varnothing = 10 \text{ pulg.} \approx 0.254 \text{ m}$$

$$hfdesc = 10.674[(0.025/130)1.852 \times (228.1/0.2544.871)]$$

$$hfdesc = 0.253 \text{ m}$$

$$CTD = 115.82 + 10 + 6.1 + 0.253 \text{ m}$$

$$CTD = 132.17 \text{ m} \approx 433.53 \text{ pies}$$

$$Q_d = 0.037 \text{ m}^3 / \text{seg} \approx 133.2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$H_b = CTD = 433.53 / 3 \text{ tazones} = 144.51 \text{ pies}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Q (m ³ / h)	(Q / Q_d)	(Q / Q_d) ²	hf diseño	hf	NB + CED	Hb	
			(m)	(m)	(m)	(m)	(pies)
0	0.00	0.00	6.35	0.00	125.82	125.82	412.80
40	0.30	0.09	6.35	0.57	125.82	126.39	414.67
80	0.60	0.36	6.35	2.29	125.82	128.11	420.31
120	0.90	0.81	6.35	5.16	125.82	130.98	429.71
160	1.20	1.44	6.35	9.17	125.82	134.99	442.87
200	1.50	2.25	6.35	14.32	125.82	140.14	459.79
240	1.80	3.25	6.35	20.62	125.82	146.44	480.46
280	2.10	4.42	6.35	28.07	125.82	153.89	504.90

De la gráfica de la bomba (**Ver gráfica a continuación**) obtenemos:

Modelo de bomba = SP 215 -4

Eficiencia = 50%

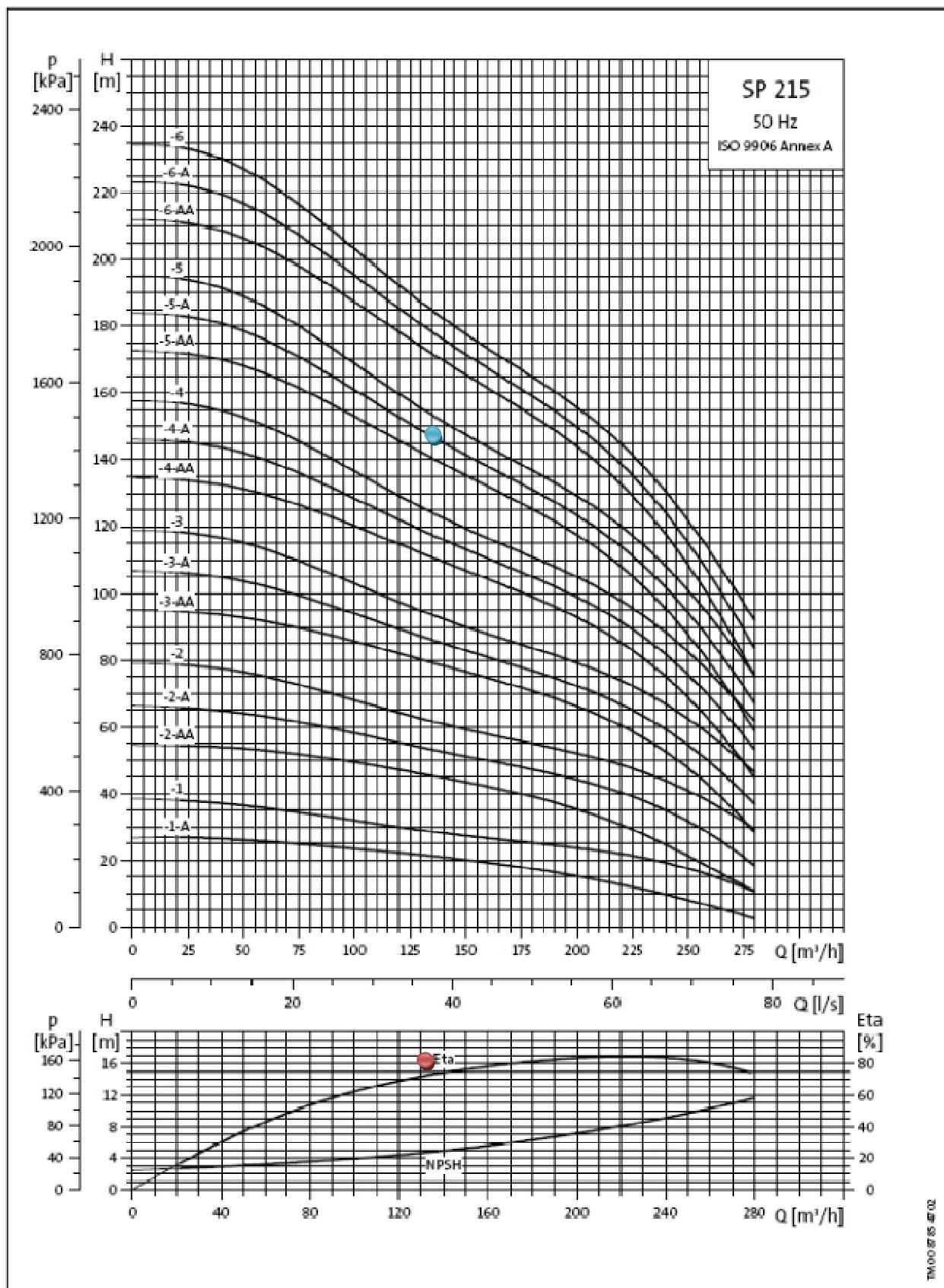
NPSH = 10 m

Potencia = 75 Kw

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

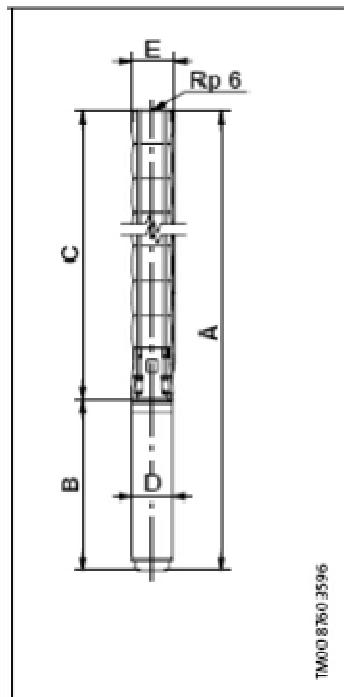


DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Datos técnicos

Bombas sumergibles
SP 215

Dimensiones y pesos



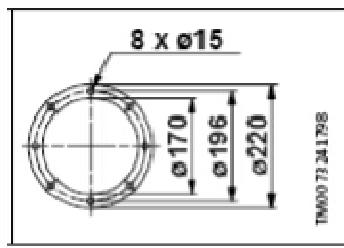
Tipo de bomba	Motor		Dimensiones [mm]								Peso neto [kg]		
	Tipo	Po-tencia [kW]	Conexión Rp 6				Brida Grundfos 6"						
			A	C	E*	E**	A	C	E*	E**			
SP 215-1-A	MS 6000	15	1489	790	241	247	1489	790	241	247	699	138	92
SP 215-1	MS 6000	18,5	1544	790	241	247	1544	790	241	247	754	138	97
SP 215-2-AA	MS 6000	30	1910	966	241	247	1910	966	241	247	944	138	127
SP 215-2-A	MMS 6000	37	2391	966	241	247	2391	966	241	247	1426	144	174
SP 215-2	MMS 8000	45	2236	966	241	247	2236	966	241	247	1270	192	228
SP 215-3-AA	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3-A	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3	MMS 8000	63	2632	1142	241	247	2632	1142	241	247	1490	192	279
SP 215-4-AA	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4-A	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-5-AA	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5-A	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5	MMS 8000	92	3554	1494	241	247	3554	1494	241	247	2060	192	364
SP 215-6-AA	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6-A	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-7-AA	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7-A	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-8-AA	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8-A	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-9-AA	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9-A	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-10-AA	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10-A	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10	MMS 12000	190	4990	2850	286	286					1980	286	793
SP 215-11	MMS 12000	220	4990	2850	286	286					2140	286	853

* Diámetro máx. de bomba con un cable de motor.

** Diámetro máx. de bomba con dos cables de motor.

Los tipos de bombas están también disponibles en versiones R y N, ver página 5 para más detalles.
Dimensiones arriba indicadas.

Otros tipos de conexión posibles mediante piezas de conexión, ver página 85.



DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

C.- Bomba del Pozo Monte Grande II

$$NB = 127.6 \text{ pies} + 152.4 \text{ pies} + 100 \text{ pies}$$

$$NB = 380 \text{ pies} \approx 115.82 \text{ m}$$

$$CED = 187 \text{ m} - 176.65 \text{ m}$$

$$CED = 10.35 \text{ m}$$

$$hfcolumna = 0.05 \times 400 \text{ pies}$$

$$hfcolumna = 20 \text{ pies} \approx 6.1 \text{ m}$$

$$hfdesc = 10.674[(Q/C)^{1.852} \times (L/\varnothing^{4.871})]$$

Donde:

$$C = 130 \text{ para hierro fundido}$$

$$Q_b = 0.032 \text{ m}^3 / \text{seg}$$

$$\varnothing = 12 \text{ pulg.} \approx 0.304 \text{ m}$$

$$hfdesc = 10.674[(0.032/130)1.852 \times (228.1/0.3044.871)]$$

$$hfdesc = 0.167 \text{ m}$$

$$CTD = 115.82 + 10.35 + 6.1 + 0.167 \text{ m}$$

$$CTD = 132.44 \text{ m} \approx 434.40 \text{ pies}$$

$$Q_d = 0.048 \text{ m}^3 / \text{seg} \approx 172.8 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$H_b = CTD = 434.4 / 3 \text{ tazones} = 144.8 \text{ pies}$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Q (m ³ / h)	(Q / Q_d)	(Q / Q_d) ²	hf diseño (m)	hf (m)	NB + CED (m)	Hb	
						(m)	(pies)
0	0.00	0.00	6.27	0.00	126.17	126.17	413.94
40	0.23	0.05	6.27	0.34	126.17	126.51	415.05
80	0.46	0.21	6.27	1.34	126.17	127.51	418.35
120	0.69	0.48	6.27	3.02	126.17	129.19	423.86
160	0.93	0.86	6.27	5.37	126.17	131.54	431.57
200	1.16	1.34	6.27	8.40	126.17	134.57	441.49
240	1.39	1.93	6.27	12.09	126.17	138.26	453.61
280	1.62	2.63	6.27	16.45	126.17	142.62	467.93

De la gráfica de la bomba (**Ver gráfica a continuación**) obtenemos:

Modelo de bomba = SP 215 -5-AA

Eficiencia = 50%

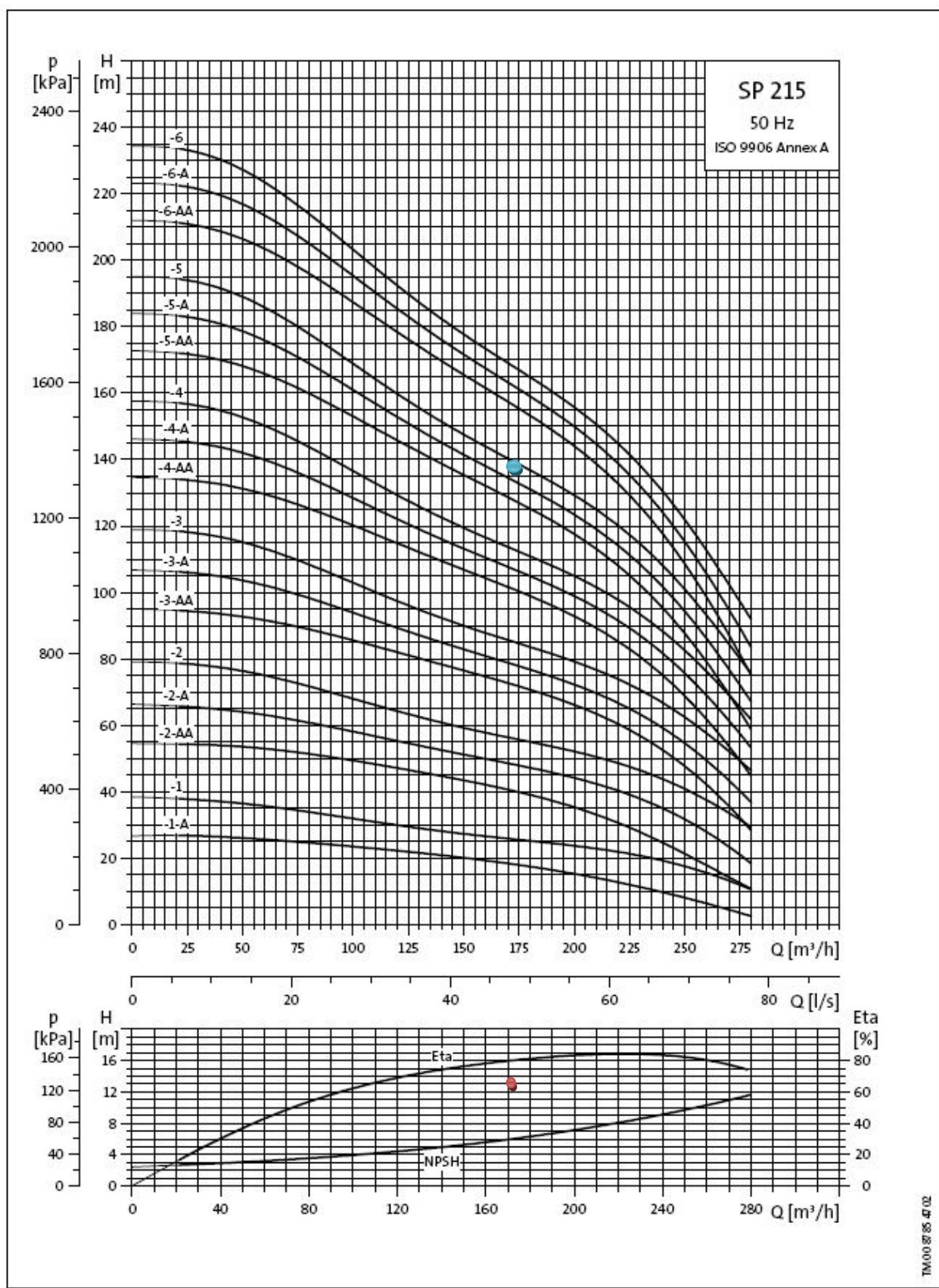
NPSH = 10 m

Potencia = 92 Kw

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

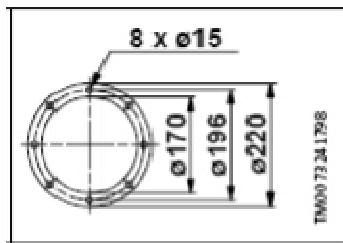
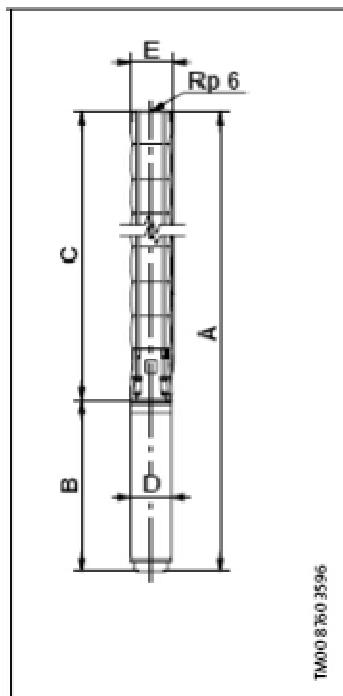


DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Datos técnicos

Bombas sumergibles
SP 215

Dimensiones y pesos



Tipo de bomba	Motor		Dimensiones [mm]								Peso neto [kg]		
	Tipo	Po-tencia [kW]	Conexión Rp 6				Brida Grundfos 6"						
			A	C	E*	E**	A	C	E*	E**			
SP 215-1-A	MMS 6000	15	1489	790	241	247	1489	790	241	247	699	138	92
SP 215-1	MMS 6000	18,5	1544	790	241	247	1544	790	241	247	754	138	97
SP 215-2-AA	MMS 6000	30	1910	966	241	247	1910	966	241	247	944	138	127
SP 215-2-A	MMS 6000	37	2391	966	241	247	2391	966	241	247	1425	144	174
SP 215-2	MMS 8000	45	2236	966	241	247	2236	966	241	247	1270	192	228
SP 215-3-AA	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3-A	MMS 8000	55	2492	1142	241	247	2492	1142	241	247	1350	192	253
SP 215-3	MMS 8000	63	2632	1142	241	247	2632	1142	241	247	1490	192	279
SP 215-4-AA	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4-A	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-4	MMS 8000	75	2908	1318	241	247	2908	1318	241	247	1590	192	308
SP 215-5-AA	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5-A	MMS 8000	92	3324	1494	241	247	3324	1494	241	247	1830	192	364
SP 215-5	MMS 8000	92	3554	1494	241	247	3554	1494	241	247	2060	192	364
SP 215-6-AA	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6-A	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-6	MMS 8000	110	3730	1670	241	247	3730	1670	241	247	2060	192	424
SP 215-7-AA	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7-A	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-7	MMS 10000	132	4016	2146	241	247					1870	237	547
SP 215-8-AA	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8-A	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-8	MMS 10000	147	4392	2322	241	247					2070	237	622
SP 215-9-AA	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9-A	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-9	MMS 10000	170	4718	2498	276	276					2220	237	672
SP 215-10-AA	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10-A	MMS 12000	190	4654	2674	276	276					1980	286	793
SP 215-10	MMS 12000	190	4990	2850	286	286					1980	286	793
SP 215-11	MMS 12000	220	4990	2850	286	286					2140	286	853

* Diámetro máx. de bomba con un cable de motor.

** Diámetro máx. de bomba con dos cables de motor.

Los tipos de bombas están también disponibles en versiones R y N, ver página 5 para más detalles.
Dimensiones arriba indicadas.

Otros tipos de conexión posibles mediante piezas de conexión, ver página 85.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

8.1.5 CARGA NETA DE SUCCIÓN DE DISEÑO (CNPSd)

$$\text{CNPSd} = H_{\text{atm}} - [E_s + H_{\text{vap}} + H_{f_{\text{succ}}}]$$

Donde:

H_{atm} = Altura de carga atmosférica

E_s = Elevación de la succión

H_{vap} = Altura de carga por vapor de agua

$H_{f_{\text{succ}}}$ = Perdidas en la succión

-Cálculo de Altura de Carga Atmosférica:

$$H_{\text{atm}} = 10.33 + (1.2 Z / \gamma)$$

Para el sector del Trillo:

$$H_{\text{atm}} = 10.33 + [(1.2 \times 121.95m) / 1000]$$

$$H_{\text{atm}} = 10.22m$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$H_{\text{atm}} = 10.33 + [(1.2 \times 91.46m) / 1000]$$

$$H_{\text{atm}} = 10.18m$$

Para el sector de Monte Grande II

$$H_{\text{atm}} = 10.33 + [(1.2 \times 91.46m) / 1000]$$

$$H_{\text{atm}} = 10.18m$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

- Cálculo de La Altura de Carga por Vapor de Agua:

H_{vap} se determina mediante la tabla 8.1.5.1 a continuación:

Temperatura En °C	H_{vap} (Mca)
16.00	0.18
19.00	0.24
22.00	0.27
24.00	0.34
27.00	0.37
32.00	0.49
38.00	0.67
66.00	2.66

Tabla 8.1.5.1 Presión de Vapor de Agua.

Fuente: curso de Post grado "Explotación de Recursos Hídricos": Estaciones y equipos de bombeos.

Interpolando los valores de la tabla para una temperatura de 34° que es la máxima temperatura que ha registrado la ciudad de Nandaime obtenemos:

$$H_{vap} = 0.55$$

-Cálculo de la Carga Neta de Succión Requerida:

$$CNPSd = H_{atm} - [E_s + H_{vap} + H_{f_{succ}}]$$

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Para el sector del Trillo:

$$\text{CNPSd} = 10.22\text{m} - [4\text{m} + 0.55\text{m} + 0.252\text{m}]$$

$$\text{CNPSd} = 5.42\text{m}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$\text{CNPSd} = 10.18\text{m} - [3\text{m} + 0.55\text{m} + 0.253\text{m}]$$

$$\text{CNPSd} = 6.38\text{m}$$

Para el sector de Monte Grande II

$$\text{CNPSd} = 10.18\text{m} - [3\text{m} + 0.55\text{m} + 0.167\text{m}]$$

$$\text{CNPSd} = 6.46\text{m}$$

8.1.6 CARGA NETA DE SUCCION REQUERIDA (CNPSr)

$$\text{CNPSr} = \sqrt{\{(g \times H_b) / [(n_s / 60)^2 \times Ch]\}}$$

Donde:

n_s= 2,900 rpm según catálogo de bombas GRUNDFOS.

H_b= Altura de Bombeo

g= Valor de la Gravedad

Ch= Coeficiente de Carga

-Calculo de n_s:

$$n_s = (n_r \times \sqrt{Q}) / (H_b)^{0.75}$$

Donde:

n_r= 2,900 rpm

El trillo Q= 0.040m³/s H_b= 101.1m

Monte Grande I Q= 0.025m³/s H_b= 132.17m

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Monte Grande II $Q = 0.032 \text{m}^3/\text{s}$ $H_b = 132.44 \text{m}$

Para el sector del Trillo:

$$n_s = (2900 \text{rpm} \times \sqrt{0.04 \text{m}^3/\text{s}}) / (101.1 \text{m})^{0.75}$$

$$n_s = 18.19$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$n_s = (2900 \text{rpm} \times \sqrt{0.025 \text{m}^3/\text{s}}) / (132.17 \text{m})^{0.75}$$

$$n_s = 11.76$$

Para el sector de Monte Grande II

$$n_s = (2900 \text{rpm} \times \sqrt{0.032 \text{m}^3/\text{s}}) / (132.44 \text{m})^{0.75}$$

$$n_s = 13.29$$

Con n_s se obtiene el coeficiente de carga para calcular el diámetro del impulsor utilizando la Tabla 8.1.6.1:

Número específico n_s	Coeficiente de carga			
	S.I	Inglés	CH	CQ
10	500	5.8	0.0125	
20	1,000	5.2	0.043	
30	1,500	4.7	0.083	
40	2,000	4.1	0.119	
50	2,500	3.7	0.16	
60	3,000	3.4	0.2	
80	4,000	2	0.26	
100	5,000	2.3	0.31	
150	7,500	1.7	0.45	

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

200	10,000	1.2	0.47
-----	--------	-----	------

Tabla 8.1.6.1 Coeficiente de Carga y Capacidad en Función del Numero Específico en Bombas de Succión Simple.

Fuente curso de Post grado "Explotación de Recursos Hídricos": Estaciones y equipos de bombeos.

Interpolando los valores de la tabla se obtiene el valor de CH para cada pozo.

-Cálculo del Coeficiente de Carga (CH):

Para el sector del Trillo:

$$Ch = 5.3$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$Ch = 5.7$$

Para el sector de Monte Grande II

$$Ch = 5.6$$

- Carga Neta de Succión Requerida (CNPSr):

$$CNPSr = \sqrt{\{(g \times Hb) / [(n/60)^2 \times Ch]\}}$$

Para el sector del Trillo:

$$CNPSr = \sqrt{\{(9.8m/s^2 \times 101.1m) / [(2900 rpm/60s)^2 \times 5.3]\}}$$

$$CNPSr = 0.283m \approx 12"$$

Para el sector de Monte Grande I:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$$CNPSr = \sqrt{ \{ (9.8m/s^2 \times 132.17m) / [(2900 \text{ rpm}/60s)^2 \times 5.7] \} }$$

$$CNPSr = 0.312m \approx 14"$$

Para el sector de Monte Grande II

$$CNPSr = \sqrt{ \{ (9.8m/s^2 \times 132.44m) / [(2900 \text{ rpm}/60s)^2 \times 5.55] \} }$$

$$CNPSr = 0.317m \approx 14"$$

No presentará problemas de cavitación ya que cumple con $CNPSd > CNPSr$.

8.1.7 CÁLCULO PARA DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO:

Para el sector del Trillo:

$$Q = 59.641 \text{ L/seg} = 5,152.982 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$Q = 36.955 \text{ L/seg} = 3,192.912 \text{ m}^3/\text{día}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$Q = 48.124 \text{ L/seg} = 4,157.914 \text{ m}^3/\text{día}$$

8.1.3.1 Cálculo Del Volumen Total Del Tanque

$$\text{Vol. T} = \text{Vol. U} + \text{Vol. I} + \text{Vol. E}$$

Donde:

Vol. T= Volumen Total

Vol. U= Volumen Útil

Vol. I= Volumen Contra Incendio

Vol. E= Volumen de Emergencia

-Cálculo del Volumen Útil (Por Normas):

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Vol. U = 25% Q

Para el sector del Trillo:

Vol. U = 0.25dia x 5,152.982 m³ / día

vol. U = 1,288.246 m³

Para el sector de Monte Grande I:

Vol. U = 0.25dia x 3,192.912 m³ / día

Vol. U = 798.228 m³

Para el sector de Monte Grande II:

Vol. U = 0.25dia x 4,157.914 m³ / dia

vol. U = 1,039.479 m³

-Cálculo del Volumen Contra Incendio:

Para poblaciones comprendidas entre 10,000 y 20,000 habitantes un incendio se considera servido con 2 hidrantes:

Vol. I = 2 x 5L/seg

Vol. I = 36 m³

-Cálculo del Volumen de Emergencia:

Vol. E = 15% Q

Para el sector del Trillo:

Vol. E = 0.15 x 5,152.982 m³ / día

Vol. E = 772.947m³

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Para el sector de Monte Grande I:

$$\text{Vol. E} = 0.15 \times 3,192.912 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\text{Vol. E} = 478.937 \text{ m}^3$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$\text{Vol. E} = 0.15 \times 4,157.914 \text{ m}^3 / \text{día}$$

$$\text{Vol. E} = 623.687 \text{ m}^3$$

-Cálculo del Volumen Total:

$$\text{Vol. T} = \text{Vol. U} + \text{Vol. I} + \text{Vol. E}$$

Para el sector del Trillo:

$$\text{Vol. T} = 1,288.246 \text{ m}^3 + 36 \text{ m}^3 + 772.947 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. T} = 2,097.193 \text{ m}^3 = 554,036.140\text{g}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$\text{Vol. T} = 798.228 \text{ m}^3 + 36 \text{ m}^3 + 478.937 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. T} = 1,313.165 \text{ m}^3 = 346,911.738\text{g}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$\text{Vol. T} = 1,039.479 \text{ m}^3 + 36 \text{ m}^3 + 623.687 \text{ m}^3$$

$$\text{Vol. T} = 1,699.166 \text{ m}^3 = 448,885.425\text{g}$$

8.1.3.2 Dimensionamiento del Tanque Circular

-Cálculo de la Profundidad (h):

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$$h = [(Vol. T / 100) / 3] + k$$

Vol.(Cientos de m ³)	K
< 3	2.0
3 - 6	1.8
7 - 9	1.5
10 - 13	1.3
14 - 16	1.0
>17	0.7

Tabla 8.1.3.2.1 Valores De K Constante de Capacidad de Almacenamiento.

-Fuente. Folleto de abastecimiento de agua del curso Explotación y administración de recursos hídricos elaborado por el Ing. José Ángel Baltodano.

Para el sector del Trillo:

$$h = (20.971m / 3) + 0.7$$

$$h = 7.690m \approx 8 \text{ m}$$

Para el sector de Monte Grande I:

Existe un tanque con un Vol.= 378.5m³ en excelentes condiciones que será utilizado para continuar abasteciendo éste sector.

$$\text{Vol. diseño} = \text{Vol. T} - \text{Vol.}$$

$$\text{Vol. diseño} = 1,313.165\text{m}^3 - 378.5\text{m}^3$$

$$\text{Vol. diseño} = 934.665\text{m}^3$$

$$h = (9.347 \text{ m} / 3) + 1.5$$

$$h = 4.616\text{m} \approx 5 \text{ m}$$

Para el sector de Monte Grande II:

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Existen dos tanques en el sector Javier Guerra con un Vol.= 1,088.2m³ entre ambos en excelentes condiciones que será utilizado para continuar abasteciendo éste sector.

$$\text{Vol. diseño} = \text{Vol. T} - \text{Vol.}$$

$$\text{Vol. diseño} = 1,699.166\text{m}^3 - 1088.2\text{m}^3$$

$$\text{Vol. diseño} = 610.966\text{m}^3$$

$$h = (6.110\text{m} / 3) + 1.8$$

$$h = 3.837\text{m} \approx 4 \text{ m}$$

-Cálculo del Diámetro (\emptyset):

$$\emptyset = \sqrt{[(4 \times \text{Vol.}) / (\pi \times h)]}$$

Para el sector del Trillo:

$$\emptyset = \sqrt{[(4 \times 2,097.193 \text{ m}^3) / (\pi \times 8 \text{ m})]}$$

$$\emptyset = 18.270 \text{ m} \approx 19 \text{ m}$$

Para el sector de Monte Grande I:

$$\emptyset = \sqrt{[(4 \times 934.665 \text{ m}^3) / (\pi \times 5 \text{ m})]}$$

$$\emptyset = 15.427 \text{ m} \approx 16 \text{ m}$$

Para el sector de Monte Grande II:

$$\emptyset = \sqrt{[(4 \times 610.966 \text{ m}^3) / (\pi \times 4 \text{ m})]}$$

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

$\varnothing = 13.945\text{m} \approx 14 \text{ m}$

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

IX. Diseño Hidráulico

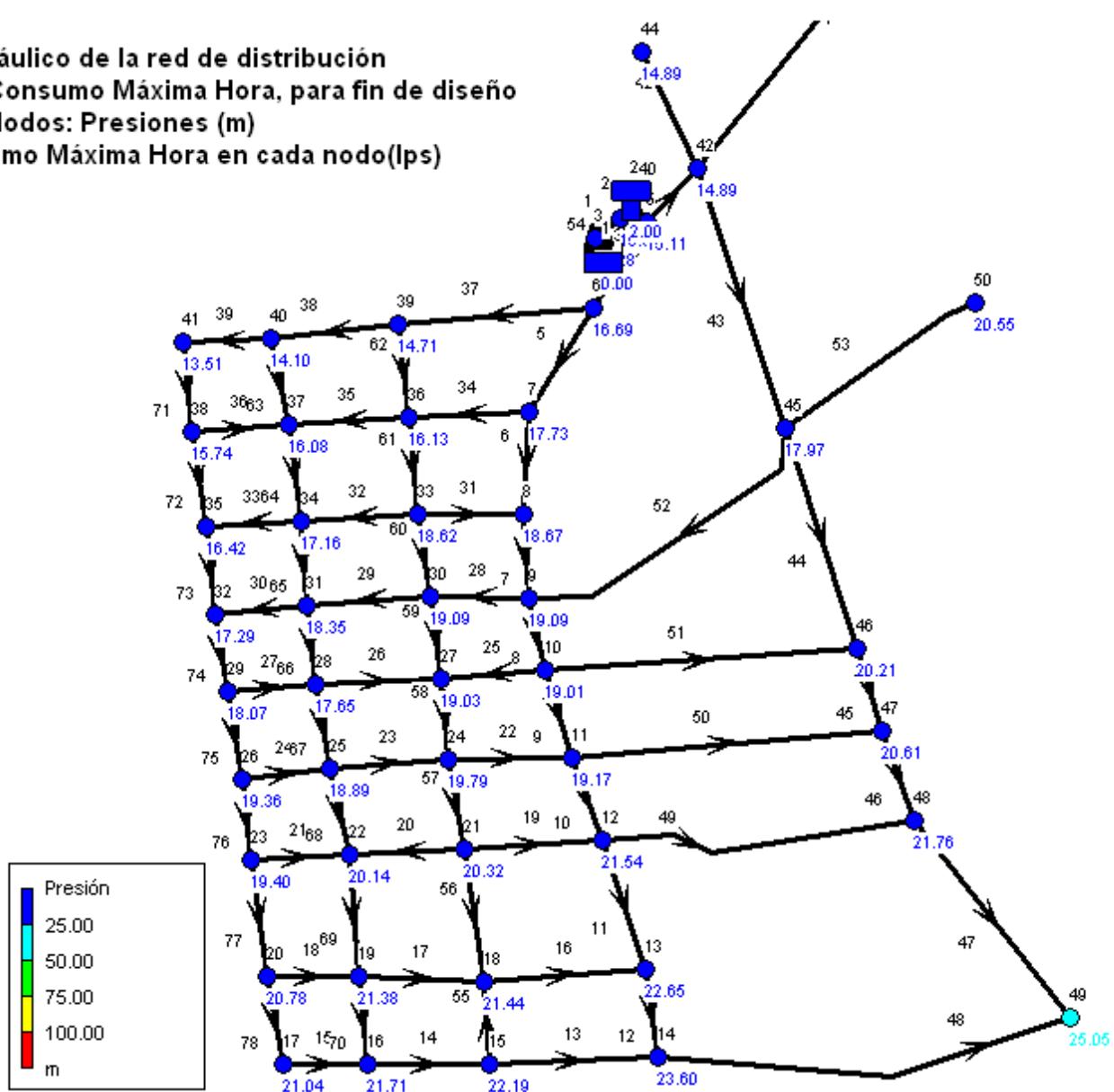
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Análisis hidráulico de la red de distribución

Condición: Consumo Máxima Hora, para fin de diseño

Valores de Nodos: Presiones (m)

CMH: Consumo Máxima Hora en cada nodo(lps)



DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Figura 9.1.1. Red de distribución para el sector El trillo.

Tabla de Presiones en la Red – Nudos del Trillo

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	136.3	0	152.58	16.28
Conexión 4	136.7	0	152.29	15.59
Conexión 5	136.8	0	151.91	15.11
Conexión 6	135.126	1.88	151.82	16.69
Conexión 7	134	1.46	151.73	17.73
Conexión 8	132.91	1.50	151.58	18.67
Conexión 9	132.38	1.27	151.47	19.09
Conexión 10	132	1.23	151.01	19.01
Conexión 11	130.992	1.34	150.16	19.17
Conexión 12	128.181	1.39	149.73	21.54
Conexión 13	126.779	3.34	149.43	22.65
Conexión 14	125.76	0	149.36	23.60
Conexión 15	127.307	0	149.50	22.19
Conexión 16	128	0	149.71	21.71
Conexión 17	128.705	0	149.74	21.04
Conexión 18	128	1.62	149.44	21.44
Conexión 19	128.384	1.20	149.76	21.38
Conexión 20	128.997	0.65	149.78	20.78
Conexión 21	129.561	0.94	149.89	20.32
Conexión 22	129.669	0.68	149.81	20.14
Conexión 23	130.444	0.62	149.85	19.40
Conexión 24	130.401	0.73	150.19	19.79
Conexión 25	131.35	0.64	150.24	18.89
Conexión 26	131	0.49	150.36	19.36
Conexión 27	131.601	0.68	150.63	19.03

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 28	133	0.64	150.65	17.65
Conexión 29	132.595	0.41	150.67	18.07
Conexión 30	132.333	0.65	151.42	19.09
Conexión 31	133.042	0.63	151.39	18.35
Conexión 32	133.863	0.43	151.15	17.29
Conexión 33	132.976	0.77	151.60	18.62
Conexión 34	134.361	0.79	151.52	17.16
Conexión 35	135.077	0.45	151.50	16.42
Conexión 36	135.571	0.96	151.70	16.13
Conexión 37	135.595	0.88	151.68	16.08
Conexión 38	135.947	0.64	151.69	15.74
Conexión 39	137.044	1.19	151.76	14.71
Conexión 40	137.643	1.83	151.74	14.10
Conexión 41	138.2	0.61	151.71	13.51
Conexión 42	137	5.53	151.89	14.89
Conexión 43	137	7.95	151.87	14.87
Conexión 44	137	0	151.89	14.89
Conexión 45	133.579	3.80	151.55	17.97
Conexión 46	130.208	3.05	150.42	20.21
Conexión 47	129.136	1.57	149.75	20.61
Conexión 48	127.89	2.64	149.65	21.76
Conexión 49	124.281	3.37	149.33	25.05
Conexión 50	131	0	151.55	20.55
Embalse 1	50.56	#N/A	50.56	0.00
Depósito 2	150	#N/A	152.00	2.00

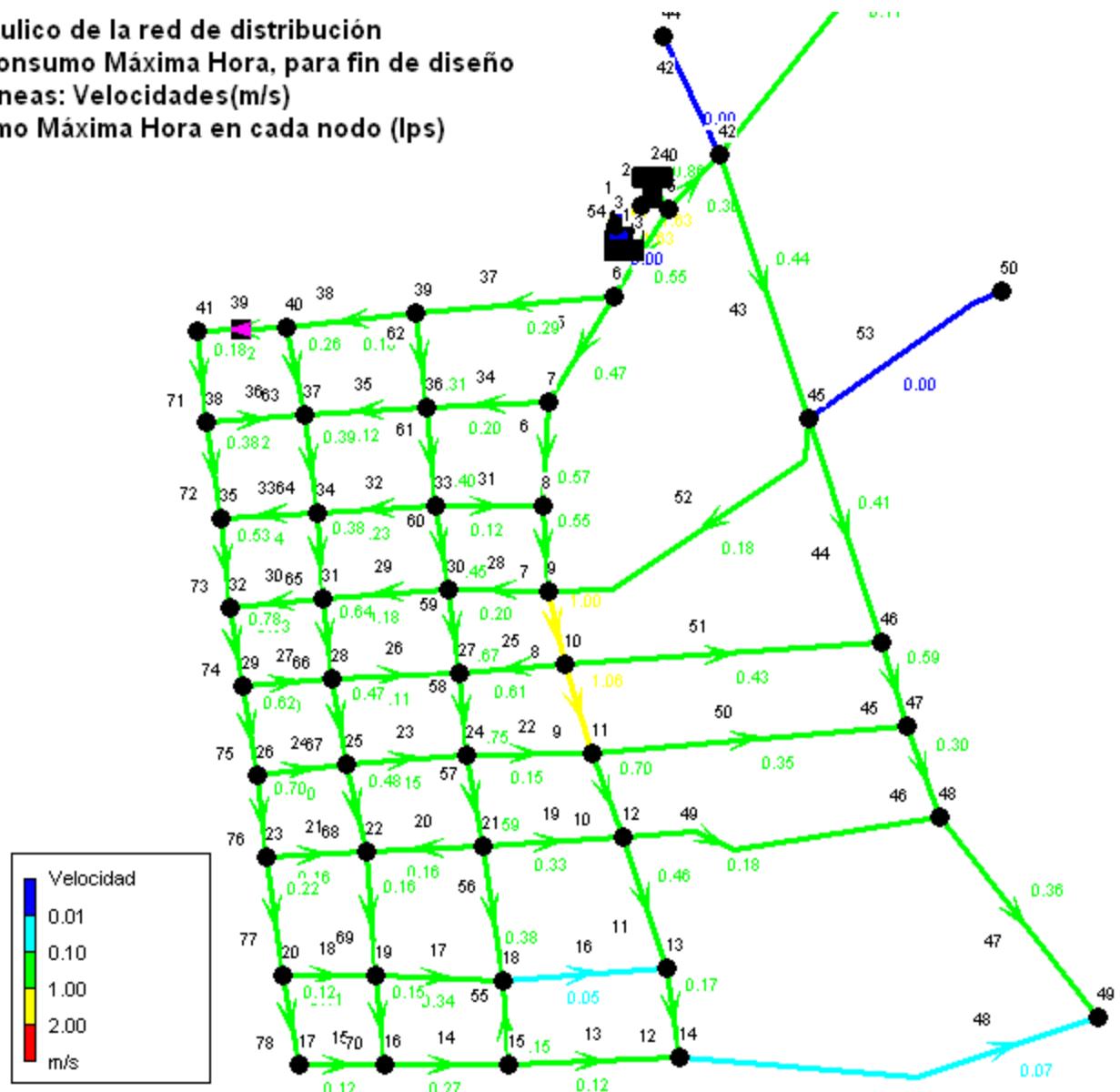
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Análisis hidráulico de la red de distribución

Condición: Consumo Máxima Hora, para fin de diseño

Valores de Líneas: Velocidades(m/s)

CMH: Consumo Máxima Hora en cada nodo (lps)



DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Figura 9.1.1.1. Velocidades en la red de distribución de El Trillo.

Tabla de velocidades en la Red – Líneas de El Trillo

ID Línea	Longitud m	Ø mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	37.7	250	150	79.78	1.63
Tubería 2	36.35	250	150	79.78	1.63
Tubería 3	47.14	300	150	60.45	0.86
Tubería 4	102.72	300	150	39.14	0.55
Tubería 5	109.67	250	150	22.90	0.47
Tubería 6	105.26	200	150	17.94	0.57
Tubería 7	79.71	200	150	17.36	0.55
Tubería 8	78.64	150	150	17.75	1.00
Tubería 9	80.72	100	150	8.36	1.06
Tubería 10	90.78	100	150	5.47	0.70
Tubería 11	134.09	100	150	3.58	0.46
Tubería 12	91.49	50	150	0.33	0.17
Tubería 13	167.44	50	100	-0.23	0.12
Tubería 14	115.58	50	150	-0.52	0.27
Tubería 15	84.40	50	150	-0.23	0.12
Tubería 16	157.39	50	150	-0.09	0.05
Tubería 17	114.60	50	150	-0.66	0.34
Tubería 18	86.16	100	150	-0.86	0.11
Tubería 19	131.72	100	150	-2.61	0.33
Tubería 20	117.72	50	150	0.31	0.16
Tubería 21	85.56	75	150	-0.72	0.16

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 22	116.56	100	150	-1.21	0.15
Tubería 23	116.68	75	150	-0.66	0.15
Tubería 24	86.27	75	150	-1.32	0.30
Tubería 25	101.77	100	150	4.77	0.61
Tubería 26	120.03	75	150	-0.48	0.11
Tubería 27	84.88	100	150	-0.80	0.10
Tubería 28	95.23	100	150	1.56	0.20
Tubería 29	120	150	150	3.12	0.18
Tubería 30	84.1	100	150	4.20	0.53
Tubería 31	100.08	100	150	-0.92	0.12
Tubería 32	120.97	100	150	1.81	0.23
Tubería 33	85.64	100	150	1.09	0.14
Tubería 34	123.38	150	150	3.49	0.20
Tubería 35	122.98	100	150	0.94	0.12
Tubería 36	84.28	100	150	-0.92	0.12
Tubería 37	193.28	250	150	14.36	0.29
Tubería 38	122.72	250	150	7.75	0.16
Tubería 39	85.95	150	150	3.85	0.22
Tubería 40	67.25	300	150	21.31	0.30
Tubería 41	393.9	300	150	7.95	0.11
Tubería 42	129.94	300	150	0.00	0.00
Tubería 43	264.53	150	150	7.83	0.44
Tubería 44	279.82	50	150	0.81	0.41
Tubería 45	85.48	50	150	1.15	0.59
Tubería 46	97.44	100	150	2.35	0.30
Tubería 47	228.58	100	150	2.81	0.36
Tubería 48	445.05	100	150	-0.56	0.07
Tubería 49	319	150	150	-3.11	0.18
Tubería 50	303.74	100	150	-2.77	0.35
Tubería 51	298.98	100	150	-3.39	0.43

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 52	323.33	150	150	3.22	0.18
Tubería 53	213.3600	100	150	0.00	0.00
Tubería 55	87.49	50	150	0.30	0.15
Tubería 56	125.69	50	150	-0.75	0.38
Tubería 57	88.55	100	150	-4.60	0.59
Tubería 58	79.46	100	150	-5.89	0.75
Tubería 59	79.35	50	150	-1.32	0.67
Tubería 60	81.87	100	150	-3.52	0.45
Tubería 61	97.02	150	150	-7.01	0.40
Tubería 62	88.54	150	150	-5.42	0.31
Tubería 63	84.89	100	150	2.07	0.26
Tubería 64	95.36	100	150	3.04	0.39
Tubería 65	82.06	100	150	2.97	0.38
Tubería 66	80.51	50	150	1.26	0.64
Tubería 67	78.83	50	150	0.93	0.47
Tubería 68	78.86	50	150	0.95	0.48
Tubería 69	126.48	100	150	1.29	0.16
Tubería 70	87.35	50	150	0.30	0.15
Tubería 71	89.41	150	150	3.24	0.18
Tubería 72	86.33	75	150	1.69	0.38
Tubería 73	88.6	75	150	2.33	0.53
Tubería 74	82.41	100	150	6.10	0.78
Tubería 75	79.43	100	150	4.89	0.62
Tubería 76	76.32	75	150	3.08	0.70
Tubería 77	116.68	100	150	1.74	0.22
Tubería 78	88.92	50	150	0.23	0.12
Bomba 54	#N/A	#N/A	#N/A	79.78	0.00

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

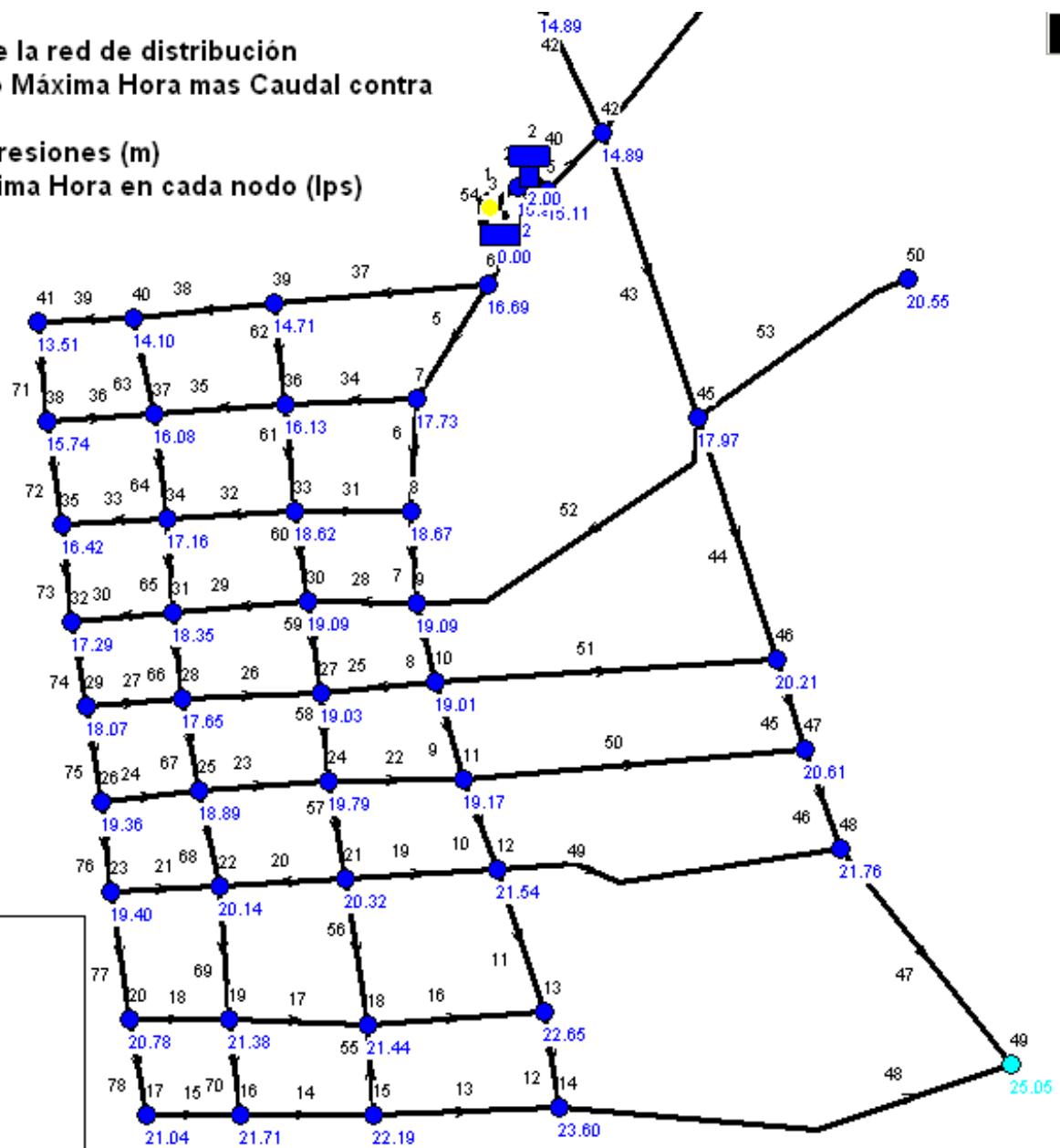
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Análisis hidráulico de la red de distribución

Condición: Consumo Máxima Hora mas Caudal contra Incendio

Valores de Nodos: Presiones (m)

CMH: Consumo Máximo Hora en cada nodo (Ips)



Grafica 9.1.2 Presiones en la red de distribución del Trillo.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla de Presiones en la Red – Nudos de El Trillo

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	136.3	0	153.32	17.02
Conexión 4	136.7	0	152.65	15.95
Conexión 5	136.8	0	151.91	15.11
Conexión 6	135.126	1.88	151.82	16.69
Conexión 7	134	1.46	151.73	17.73
Conexión 8	132.91	1.50	151.58	18.67
Conexión 9	132.38	1.27	151.47	19.09
Conexión 10	132	1.23	151.01	19.01
Conexión 11	130.992	1.34	150.16	19.17
Conexión 12	128.181	1.39	149.73	21.54
Conexión 13	126.779	3.34	149.43	22.65
Conexión 14	125.76	0	149.36	23.60
Conexión 15	127.307	0	149.50	22.19
Conexión 16	128	0	149.71	21.71
Conexión 17	128.705	0	149.74	21.04
Conexión 18	128	1.62	149.44	21.44
Conexión 19	128.384	1.20	149.76	21.38
Conexión 20	128.997	0.65	149.78	20.78
Conexión 21	129.561	0.94	149.89	20.32
Conexión 22	129.669	0.68	149.81	20.14
Conexión 23	130.444	0.62	149.85	19.40
Conexión 24	130.401	0.73	150.19	19.79
Conexión 25	131.35	0.64	150.24	18.89
Conexión 26	131	0.49	150.36	19.36
Conexión 27	131.601	0.68	150.63	19.03
Conexión 28	133	0.64	150.65	17.65
Conexión 29	132.595	0.41	150.67	18.07

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 30	132.333	0.65	151.42	19.09
Conexión 31	133.042	0.63	151.39	18.35
Conexión 32	133.863	0.43	151.15	17.29
Conexión 33	132.976	0.77	151.60	18.62
Conexión 34	134.361	0.79	151.52	17.16
Conexión 35	135.077	0.45	151.50	16.42
Conexión 36	135.571	0.96	151.70	16.13
Conexión 37	135.595	0.88	151.68	16.08
Conexión 38	135.947	0.64	151.69	15.74
Conexión 39	137.044	1.19	151.76	14.71
Conexión 40	137.643	1.83	151.74	14.10
Conexión 41	138.2	0.61	151.71	13.51
Conexión 42	137	5.53	151.89	14.89
Conexión 43	137	7.95	151.87	14.87
Conexión 44	137	0	151.89	14.89
Conexión 45	133.579	3.80	151.55	17.97
Conexión 46	130.208	3.05	150.42	20.21
Conexión 47	129.136	1.57	149.75	20.61
Conexión 48	127.89	2.64	149.65	21.76
Conexión 49	124.281	3.37	149.33	25.05
Conexión 50	131	0	151.55	20.55
Conexión 51	131	9.46	151.11	20.14
Embalse 1	50.56	#N/A	50.56	0.00
Depósito 2	150	#N/A	152.00	2.00

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

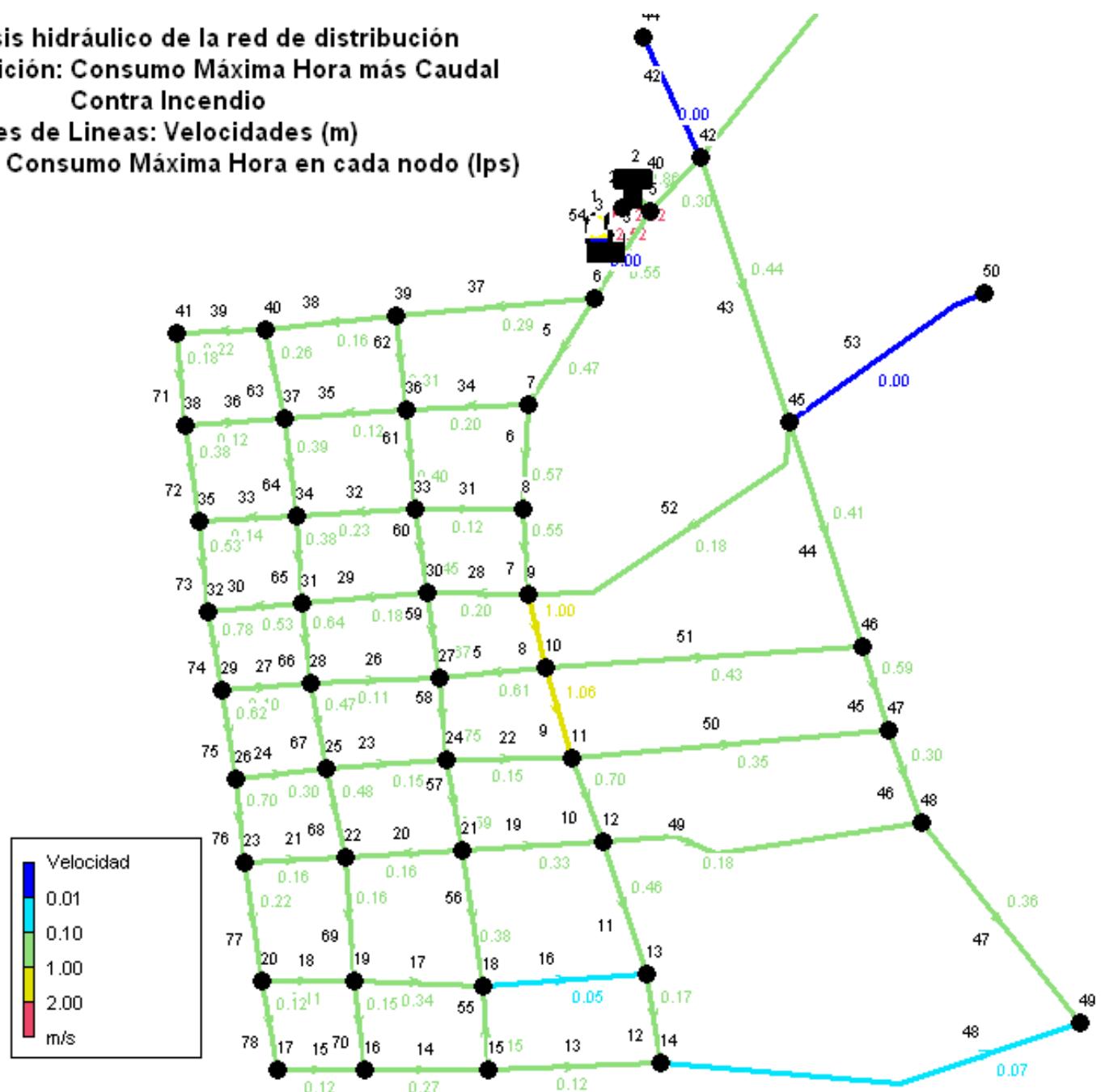
Análisis hidráulico de la red de distribución

Condición: Consumo Máxima Hora más Caudal

Contra Incendio

Valores de Lineas: Velocidades (m)

CMH: Consumo Máxima Hora en cada nodo (lps)



Grafica 9.1.2.1 Velocidades en la red de distribución de El Trillo.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla de Velocidades Red - Líneas de El Trillo

ID Línea	Longitud m	Ø mm	Rugosidad LPS	Caudal m/s	Velocidad
Tubería 1	37.7	250	150	123.88	2.52
Tubería 2	36.35	250	150	123.88	2.52
Tubería 3	47.14	300	150	60.45	0.86
Tubería 4	102.72	300	150	39.14	0.55
Tubería 5	109.67	250	150	22.90	0.47
Tubería 6	105.26	200	150	17.94	0.57
Tubería 7	79.71	200	150	17.36	0.55
Tubería 8	78.64	150	150	17.75	1.00
Tubería 9	80.72	100	150	8.36	1.06
Tubería 10	90.78	100	150	5.47	0.70
Tubería 11	134.09	100	150	3.58	0.46
Tubería 12	91.49	50	150	0.33	0.17
Tubería 13	167.44	50	100	-0.23	0.12
Tubería 14	115.58	50	150	-0.52	0.27
Tubería 15	84.40	50	150	-0.23	0.12
Tubería 16	157.39	50	150	-0.09	0.05
Tubería 17	114.60	50	150	-0.66	0.34
Tubería 18	86.16	100	150	-0.86	0.11
Tubería 19	131.72	100	150	-2.61	0.33
Tubería 20	117.72	50	150	0.31	0.16
Tubería 21	85.56	75	150	-0.72	0.16
Tubería 22	116.56	100	150	-1.21	0.15
Tubería 23	116.68	75	150	-0.66	0.15
Tubería 24	86.27	75	150	-1.32	0.30
Tubería 25	101.77	100	150	4.77	0.61

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 26	120.03	75	150	-0.48	0.11
Tubería 27	84.88	100	150	-0.80	0.10
Tubería 28	95.23	100	150	1.56	0.20
Tubería 29	120	150	150	3.12	0.18
Tubería 30	84.1	100	150	4.20	0.53
Tubería 31	100.08	100	150	-0.92	0.12
Tubería 32	120.97	100	150	1.81	0.23
Tubería 33	85.64	100	150	1.09	0.14
Tubería 34	123.38	150	150	3.49	0.20
Tubería 35	122.98	100	150	0.94	0.12
Tubería 36	84.28	100	150	-0.92	0.12
Tubería 37	193.28	250	150	14.36	0.29
Tubería 38	122.72	250	150	7.75	0.16
Tubería 39	85.95	150	150	3.85	0.22
Tubería 40	67.25	300	150	21.31	0.30
Tubería 41	393.9	300	150	7.95	0.11
Tubería 42	129.94	300	150	0.00	0.00
Tubería 43	264.53	150	150	7.83	0.44
Tubería 44	279.82	50	150	0.81	0.41
Tubería 45	85.48	50	150	1.15	0.59
Tubería 46	97.44	100	150	2.35	0.30
Tubería 47	228.58	100	150	2.81	0.36
Tubería 48	445.05	100	150	-0.56	0.07
Tubería 49	319	150	150	-3.11	0.18
Tubería 50	303.74	100	150	-2.77	0.35
Tubería 51	298.98	100	150	-3.39	0.43
Tubería 52	323.33	150	150	3.22	0.18
Tubería 53	213.3600	200	150	0.00	0.00
Tubería 55	87.49	50	150	0.30	0.15
Tubería 56	125.69	50	150	-0.75	0.38

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 57	88.55	100	150	-4.60	0.59
Tubería 58	79.46	100	150	-5.89	0.75
Tubería 59	79.35	50	150	-1.32	0.67
Tubería 60	81.87	100	150	-3.52	0.45
Tubería 61	97.02	150	150	-7.01	0.40
Tubería 62	88.54	150	150	-5.42	0.31
Tubería 63	84.89	100	150	2.07	0.26
Tubería 64	95.36	100	150	3.04	0.39
Tubería 65	82.06	100	150	2.97	0.38
Tubería 66	80.51	50	150	1.26	0.64
Tubería 67	78.83	50	150	0.93	0.47
Tubería 68	78.86	50	150	0.95	0.48
Tubería 69	126.48	100	150	1.29	0.16
Tubería 70	87.35	50	150	0.30	0.15
Tubería 71	89.41	150	150	3.24	0.18
Tubería 72	86.33	75	150	1.69	0.38
Tubería 73	88.6	75	150	2.33	0.53
Tubería 74	82.41	100	150	6.10	0.78
Tubería 75	79.43	100	150	4.89	0.62
Tubería 76	76.32	75	150	3.08	0.70
Tubería 77	116.68	100	150	1.74	0.22
Tubería 78	88.92	50	150	0.23	0.12
Bomba 54	#N/A	#N/A	#N/A	123.88	0.00

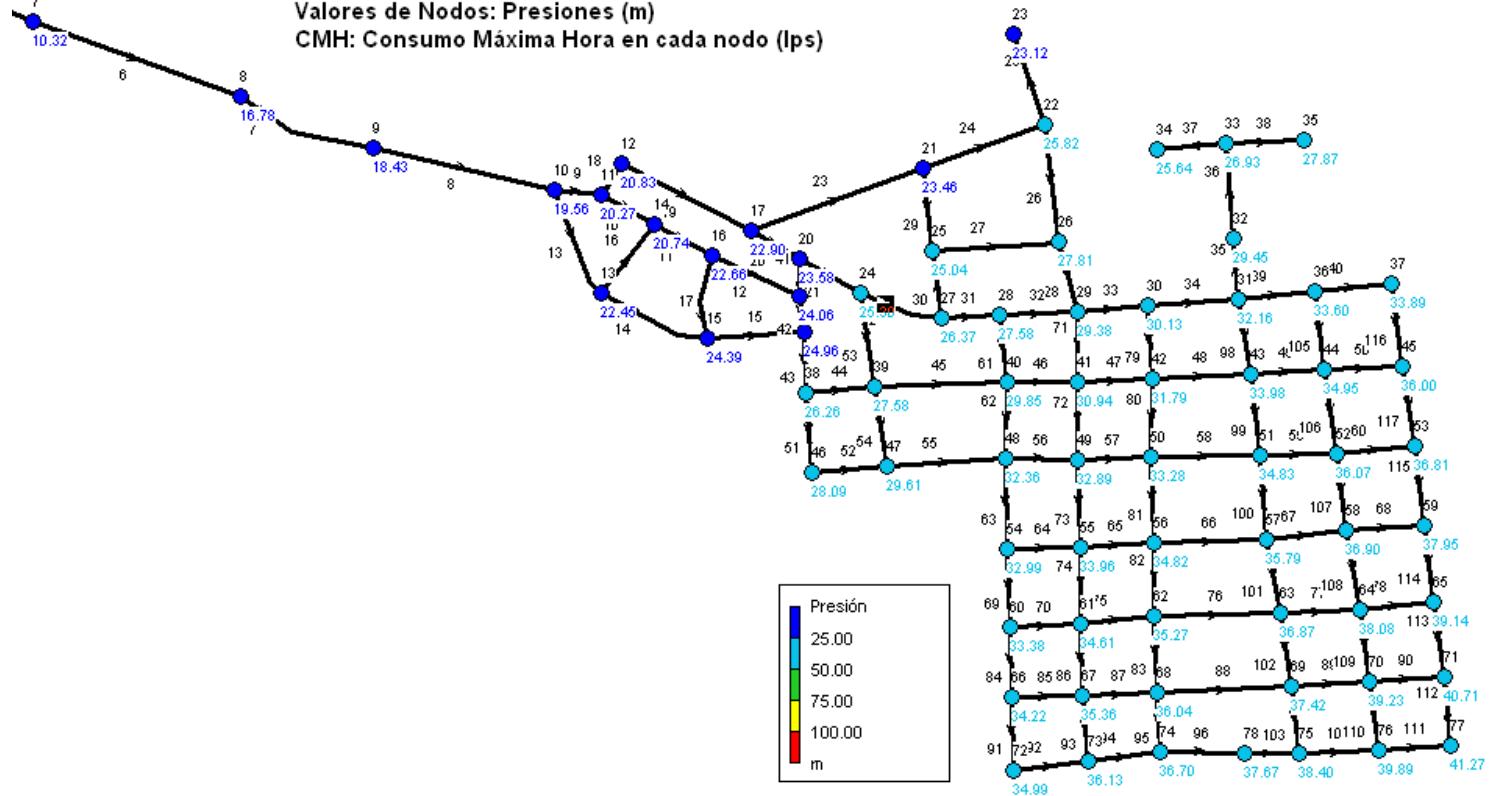
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Análisis hidráulico de la red de distribución

Condición: Consumo Máxima Hora

Valores de Nodos: Presiones (m)

CMH: Consumo Máxima Hora en cada nodo (lps)



Grafica 9.2.1. Presiones en la red de distribución de Monte Grande I.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla de Presiones Red - Nudos de Monte Grande I

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	170	0	176.07	6.07
Conexión 4	170	0	176.02	6.02
Conexión 5	170	0	175.89	5.89
Conexión 6	168.3	0	175.71	7.41
Conexión 7	165	0	175.32	10.32
Conexión 8	157.7	0	174.48	16.78
Conexión 9	155.6	0	174.03	18.43
Conexión 10	154.091	0.35	173.65	19.56
Conexión 11	153.18	0	173.45	20.27
Conexión 12	152.5	0.98	173.33	20.83
Conexión 13	150.961	0.25	173.41	22.45
Conexión 14	152.529	0.72	173.27	20.74
Conexión 15	148.739	0.17	173.13	24.39
Conexión 16	150.537	0.63	173.20	22.66
Conexión 17	150	0.82	172.90	22.90
Conexión 18	147.865	0.1	172.82	24.96
Conexión 19	148.822	0.28	172.88	24.06
Conexión 20	149.224	0.33	172.80	23.58
Conexión 21	149.298	1.50	172.76	23.46
Conexión 22	146.668	1.14	172.49	25.82
Conexión 23	149.309	1.75	172.43	23.12
Conexión 24	147.441	0.72	172.74	25.30
Conexión 25	147.453	0.56	172.49	25.04
Conexión 26	144.646	1.13	172.46	27.81
Conexión 27	146.245	0.41	172.61	26.37
Conexión 28	144.949	0.48	172.53	27.58

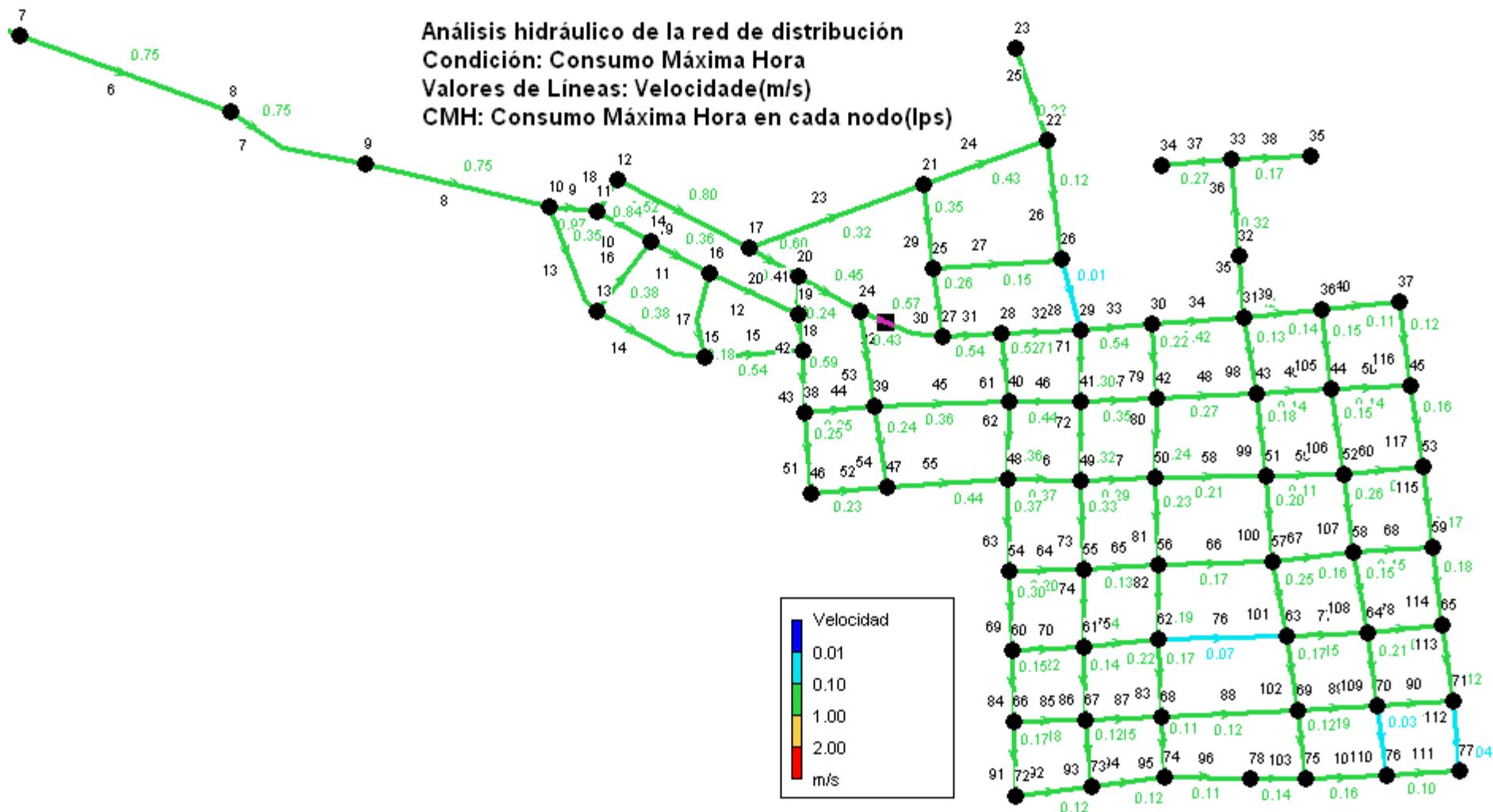
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 29	142.891	0.51	172.27	29.38
Conexión 30	142	0.54	172.13	30.13
Conexión 31	139.857	0.52	172.01	32.16
Conexión 32	142.445	0.75	171.89	29.45
Conexión 33	144.846	0.68	171.78	26.93
Conexión 34	146	0.53	171.64	25.64
Conexión 35	143.877	1.31	171.75	27.87
Conexión 36	138.4	0.48	172.00	33.60
Conexión 37	138.1	0.63	171.99	33.89
Conexión 38	146.337	0.64	172.60	26.26
Conexión 39	144.966	0.63	172.54	27.58
Conexión 40	142.486	0.64	172.34	29.85
Conexión 41	141.255	0.58	172.19	30.94
Conexión 42	140.297	0.43	172.08	31.79
Conexión 43	138.015	0.61	172.00	33.98
Conexión 44	137.021	0.55	171.98	34.95
Conexión 45	135.947	0.52	171.95	36.00
Conexión 46	144.442	0.13	172.53	28.09
Conexión 47	142.871	0.30	172.48	29.61
Conexión 48	139.866	0.44	172.22	32.36
Conexión 49	139.207	0.53	172.10	32.89
Conexión 50	138.75	0.67	172.03	33.28
Conexión 51	137.132	0.64	171.96	34.83
Conexión 52	135.88	0.53	171.95	36.07
Conexión 53	135.077	0.32	171.88	36.81
Conexión 54	139.085	0.19	172.07	32.99
Conexión 55	138.028	0.55	171.99	33.96
Conexión 56	137.148	0.66	171.97	34.82
Conexión 57	136.127	0.68	171.92	35.79
Conexión 58	134.963	0.51	171.86	36.90

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 59	133.863	0.28	171.81	37.95
Conexión 60	138.607	0.24	171.99	33.38
Conexión 61	137.324	0.50	171.93	34.61
Conexión 62	136.62	0.66	171.89	35.27
Conexión 63	134.986	0.64	171.86	36.87
Conexión 64	133.745	0.50	171.83	38.08
Conexión 65	132.595	0.52	171.74	39.14
Conexión 66	137.753	0.46	171.97	34.22
Conexión 67	136.546	0.44	171.91	35.36
Conexión 68	135.82	0.62	171.86	36.04
Conexión 69	134.404	0.66	171.82	37.42
Conexión 70	132.505	0.46	171.74	39.23
Conexión 71	131	0.53	171.71	40.71
Conexión 72	136.913	0.11	171.91	34.99
Conexión 73	135.748	0.23	171.88	36.13
Conexión 74	135.145	0.26	171.84	36.70
Conexión 75	133.39	0.19	171.79	38.40
Conexión 76	131.84	0.23	171.73	39.89
Conexión 77	130.444	0.12	171.71	41.27
Conexión 78	134.156	0.21	171.82	37.67
Embalse 1	54.18	#N/A	54.18	0.00
Depósito 2	174	#N/A	176.00	2.00
Depósito 79	172.21	#N/A	174.21	2.00

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.



Grafica 9.2.1.1 Velocidades en la red de distribución de Monte Grande I.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla de Velocidades Red - Líneas de Monte Grande I

ID Línea	Longitud	Ø	Rugosidad	Caudal	Velocidad
	m	mm		LPS	m/s
Tubería 1	15.1095	250	150	50.26	1.02
Tubería 2	6.4193	250	150	50.26	1.02
Tubería 3	50	250	150	40.48	0.82
Tubería 4	229.424	300	150	36.88	0.52
Tubería 5	206.626	250	150	36.88	0.75
Tubería 6	445.495	250	150	36.88	0.75
Tubería 7	239.3824	250	150	36.88	0.75
Tubería 8	200.5059	250	150	36.88	0.75
Tubería 9	50.562	200	150	30.35	0.97
Tubería 10	65.0689	100	150	4.11	0.52
Tubería 11	72.9619	150	150	6.37	0.36
Tubería 12	104.5682	100	150	4.30	0.55
Tubería 13	282.5248	150	150	6.18	0.35
Tubería 14	185.1052	100	150	2.95	0.38
Tubería 15	104.3641	100	150	4.22	0.54
Tubería 16	94.1474	100	150	2.98	0.38
Tubería 17	182.2251	100	150	-1.43	0.18
Tubería 18	39.610	200	150	26.24	0.84
Tubería 19	156.2376	200	150	25.26	0.80
Tubería 20	59.7987	200	150	18.85	0.60
Tubería 21	76.44	250	150	22.07	0.45
Tubería 22	89.5846	200	150	17.94	0.57
Tubería 23	199.85	150	150	5.59	0.32
Tubería 24	136.15	100	150	3.40	0.43
Tubería 25	101.58	100	150	1.75	0.22
Tubería 26	126.8	75	150	0.51	0.12

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 27	139.04	75	200	-0.64	0.15
Tubería 28	100	50	0.1	0.03	0.01
Tubería 29	90.99	50	150	0.68	0.35
Tubería 30	69.55	50	150	-0.52	0.26
Tubería 31	62.47	200	150	17.01	0.54
Tubería 32	84.01	150	150	12.47	0.71
Tubería 33	77.41	150	150	9.60	0.54
Tubería 34	99.25	150	150	7.35	0.42
Tubería 35	65.12	100	150	3.27	0.42
Tubería 36	100.79	100	150	2.52	0.32
Tubería 37	73.84	50	150	0.53	0.27
Tubería 38	85.57	100	150	1.31	0.17
Tubería 39	80.98	150	150	2.55	0.14
Tubería 40	81.24	100	150	0.87	0.11
Tubería 41	37.57	100	150	-3.55	0.45
Tubería 42	39.5856	50	150	0.48	0.24
Tubería 43	64.7485	100	150	4.60	0.59
Tubería 44	74.62	100	150	1.99	0.25
Tubería 45	140.87	100	150	2.85	0.36
Tubería 46	74.43	100	150	3.42	0.44
Tubería 47	80.88	100	150	2.75	0.35
Tubería 48	104.21	100	150	2.12	0.27
Tubería 49	80.30	100	150	1.13	0.14
Tubería 50	83.89	75	150	0.60	0.14
Tubería 51	85.5448	100	150	1.96	0.25
Tubería 52	82.34	100	150	1.83	0.23
Tubería 53	101.91	100	150	3.41	0.43
Tubería 54	85.05	100	150	1.92	0.24
Tubería 55	127.06	100	150	3.46	0.44
Tubería 56	82.71	100	150	2.92	0.37
Tubería 57	77.37	100	150	2.29	0.29
Tubería 58	116.61	100	150	1.68	0.21

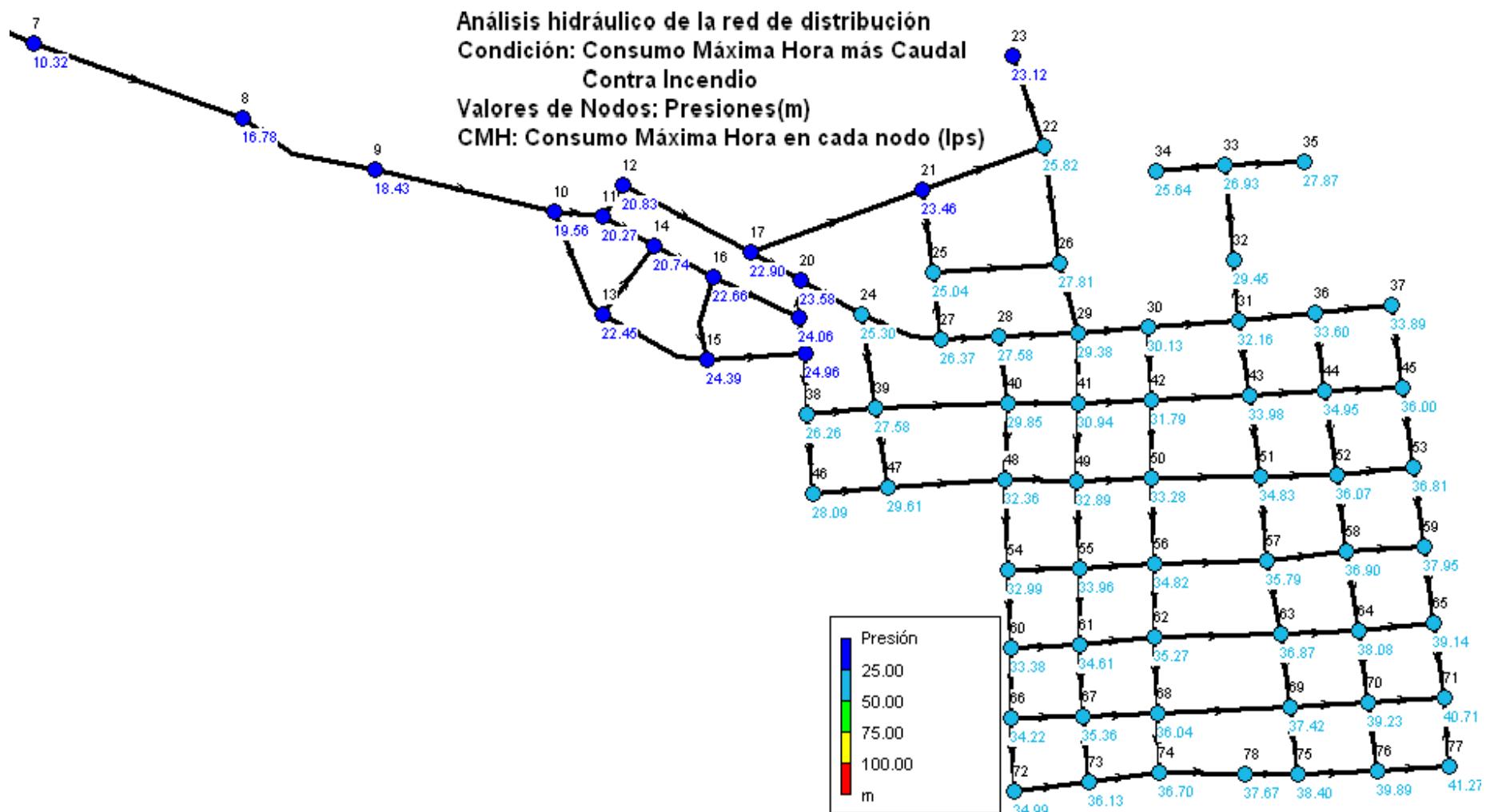
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 59	84.37	100	150	0.84	0.11
Tubería 60	81.20	50	150	0.34	0.17
Tubería 61	69.04	100	150	4.05	0.52
Tubería 62	82.23	100	150	2.84	0.36
Tubería 63	97.91	100	150	2.94	0.37
Tubería 64	78.42	50	150	0.40	0.20
Tubería 65	81.05	75	150	0.56	0.13
Tubería 66	122.71	100	150	1.37	0.17
Tubería 67	83.60	50	150	0.31	0.16
Tubería 68	85.47	50	150	0.29	0.15
Tubería 69	83.29	100	150	2.35	0.30
Tubería 70	75.03	75	150	0.96	0.22
Tubería 71	78.94	100	150	2.39	0.30
Tubería 72	83.27	100	150	2.48	0.32
Tubería 73	92.34	100	150	2.59	0.33
Tubería 74	83.56	100	150	1.88	0.24
Tubería 75	81.81	100	150	1.71	0.22
Tubería 76	133.99	37.5	150	0.08	0.07
Tubería 77	84.71	75	150	0.65	0.15
Tubería 78	81.64	50	150	0.40	0.20
Tubería 79	80.89	100	150	1.71	0.22
Tubería 80	83.44	100	150	1.91	0.24
Tubería 81	93.38	100	150	1.84	0.23
Tubería 82	78.97	50	150	0.38	0.19
Tubería 83	81.25	100	150	1.36	0.17
Tubería 84	73.98	100	150	1.14	0.15
Tubería 85	77.65	50	150	0.35	0.18
Tubería 86	76.40	75	150	0.63	0.14
Tubería 87	78.53	50	150	0.29	0.15
Tubería 88	143.87	75	150	0.52	0.12
Tubería 89	85.37	50	150	0.38	0.19
Tubería 90	81.53	50	150	0.22	0.11

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tubería 91	79.91	50	150	0.34	0.17
Tubería 92	80.27	50	150	0.23	0.12
Tubería 93	71.86	50	150	0.24	0.12
Tubería 94	77.40	50	150	0.24	0.12
Tubería 95	64.02	75	150	0.50	0.11
Tubería 96	91.72	75	150	0.48	0.11
Tubería 97	56.9	50	150	0.27	0.14
Tubería 98	82.45	100	150	1.01	0.13
Tubería 99	89.06	100	150	1.39	0.18
Tubería 100	86.21	100	150	1.59	0.20
Tubería 101	84.58	100	150	1.96	0.25
Tubería 102	78.84	75	150	0.75	0.17
Tubería 103	73.99	50	150	0.23	0.12
Tubería 104	86.77	50	150	0.31	0.16
Tubería 105	85.71	100	150	1.20	0.15
Tubería 106	92.34	100	150	1.18	0.15
Tubería 107	80.42	75	150	1.15	0.26
Tubería 108	87.28	75	150	0.66	0.15
Tubería 109	78.21	50	150	0.42	0.21
Tubería 110	75.54	75	150	0.12	0.03
Tubería 111	77.46	50	150	0.20	0.10
Tubería 112	76.09	50	150	0.08	0.04
Tubería 113	79.49	50	150	-0.23	0.12
Tubería 114	82.35	50	150	0.35	0.18
Tubería 115	88.59	50	150	-0.34	0.17
Tubería 116	89.37	50	150	0.24	0.12
Tubería 117	86.27	50	150	0.32	0.16
Tubería 119	26	50	150	-3.60	1.84
Bomba 118	#N/A	#N/A	#N/A	50.26	0.00

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.



DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Tabla de presiones Red - Nudos de Monte Grande I

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	170	0	176.19	6.19
Conexión 4	170	0	176.06	6.06
Conexión 5	170	0	175.89	5.89
Conexión 6	168.3	0	175.71	7.41
Conexión 7	165	0	175.32	10.32
Conexión 8	157.7	0	174.48	16.78
Conexión 9	155.6	0	174.03	18.43
Conexión 10	154.091	0.35	173.65	19.56
Conexión 11	153.18	0	173.45	20.27
Conexión 12	152.5	0.98	173.33	20.83
Conexión 13	150.961	0.25	173.41	22.45
Conexión 14	152.529	0.72	173.27	20.74
Conexión 15	148.739	0.17	173.13	24.39
Conexión 16	150.537	0.63	173.20	22.66
Conexión 17	150	0.82	172.90	22.90
Conexión 18	147.865	0.1	172.82	24.96
Conexión 19	148.822	0.28	172.88	24.06
Conexión 20	149.224	0.33	172.80	23.58
Conexión 21	149.298	1.50	172.76	23.46
Conexión 22	146.668	1.14	172.49	25.82
Conexión 23	149.309	1.75	172.43	23.12
Conexión 24	147.441	0.72	172.74	25.30
Conexión 25	147.453	0.56	172.49	25.04
Conexión 26	144.646	1.13	172.46	27.81
Conexión 27	146.245	0.41	172.61	26.37

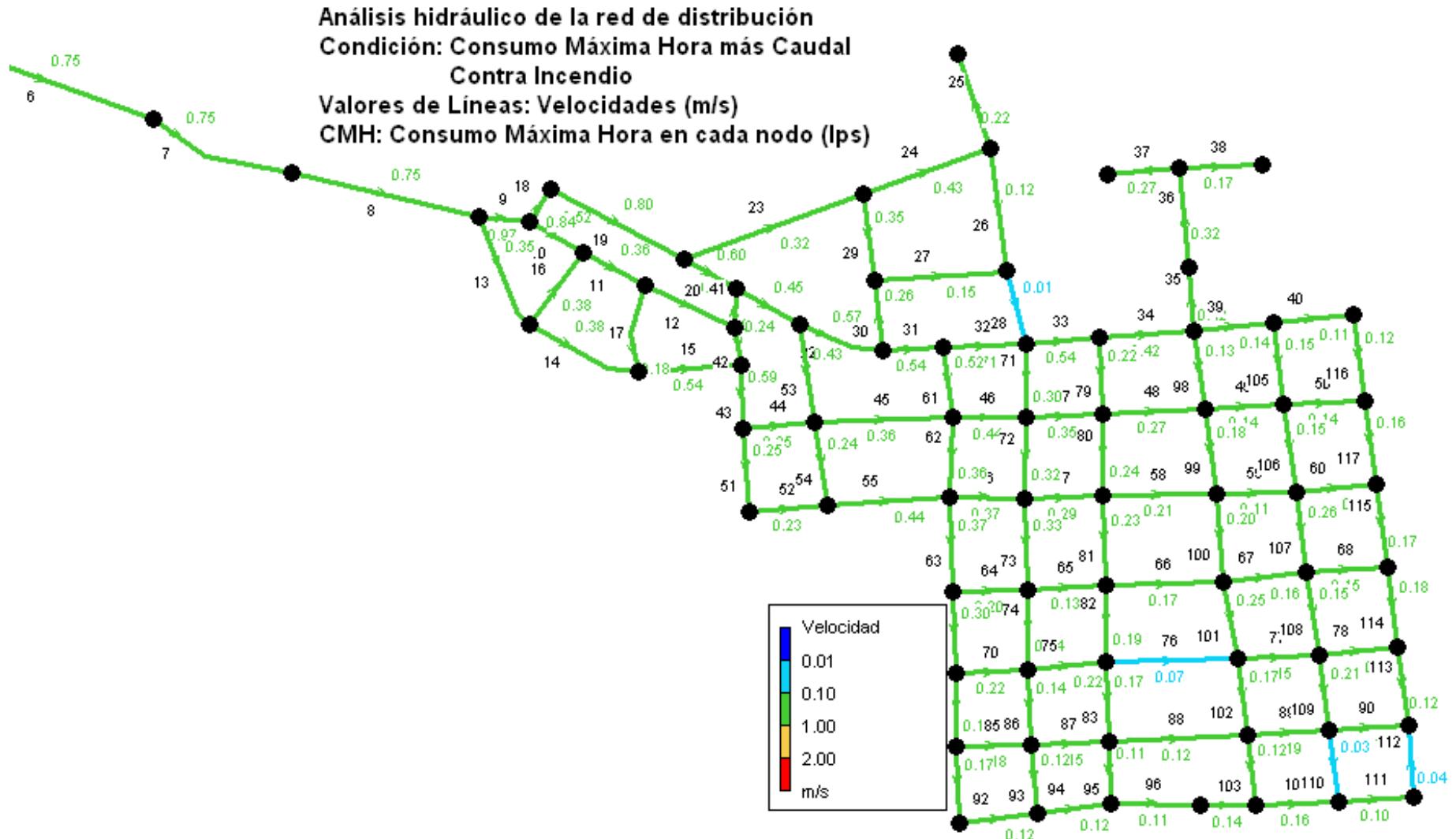
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 28	144.949	0.48	172.53	27.58
Conexión 29	142.891	0.51	172.27	29.38
Conexión 30	142	0.54	172.13	30.13
Conexión 31	139.857	0.52	172.01	32.16
Conexión 32	142.445	0.75	171.89	29.45
Conexión 33	144.846	0.68	171.78	26.93
Conexión 34	146	0.53	171.64	25.64
Conexión 35	143.877	1.31	171.75	27.87
Conexión 36	138.4	0.48	172.00	33.60
Conexión 37	138.1	0.63	171.99	33.89
Conexión 38	146.337	0.64	172.60	26.26
Conexión 39	144.966	0.63	172.54	27.58
Conexión 40	142.486	0.64	172.34	29.85
Conexión 41	141.255	0.58	172.19	30.94
Conexión 42	140.297	0.43	172.08	31.79
Conexión 43	138.015	0.61	172.00	33.98
Conexión 44	137.021	0.55	171.98	34.95
Conexión 45	135.947	0.52	171.95	36.00
Conexión 46	144.442	0.13	172.53	28.09
Conexión 47	142.871	0.30	172.48	29.61
Conexión 48	139.866	0.44	172.22	32.36
Conexión 49	139.207	0.53	172.10	32.89
Conexión 50	138.75	0.67	172.03	33.28
Conexión 51	137.132	0.64	171.96	34.83
Conexión 52	135.88	0.53	171.95	36.07
Conexión 53	135.077	0.32	171.88	36.81
Conexión 54	139.085	0.19	172.07	32.99
Conexión 55	138.028	0.55	171.99	33.96
Conexión 56	137.148	0.66	171.97	34.82
Conexión 57	136.127	0.68	171.92	35.79

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.

Conexión 58	134.963	0.51	171.86	36.90
Conexión 59	133.863	0.28	171.81	37.95
Conexión 60	138.607	0.24	171.99	33.38
Conexión 61	137.324	0.50	171.93	34.61
Conexión 62	136.62	0.66	171.89	35.27
Conexión 63	134.986	0.64	171.86	36.87
Conexión 64	133.745	0.50	171.83	38.08
Conexión 65	132.595	0.52	171.74	39.14
Conexión 66	137.753	0.46	171.97	34.22
Conexión 67	136.546	0.44	171.91	35.36
Conexión 68	135.82	0.62	171.86	36.04
Conexión 69	134.404	0.66	171.82	37.42
Conexión 70	132.505	0.46	171.74	39.23
Conexión 71	131	0.53	171.71	40.71
Conexión 72	136.913	0.11	171.91	34.99
Conexión 73	135.748	0.23	171.88	36.13
Conexión 74	135.145	0.26	171.84	36.70
Conexión 75	133.39	0.19	171.79	38.40
Conexión 76	131.84	0.23	171.73	39.89
Conexión 77	130.444	0.12	171.71	41.27
Conexión 78	134.156	0.21	171.82	37.67
Conexión 79	132.136	9.46	171.2	32.7
Embalse 1	54.18	#N/A	54.18	0.00
Depósito 2	174	#N/A	176.00	2.00
Depósito 79	172.21	#N/A	174.21	2.00

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE I.



Grafica 9.2.2.1 Velocidades en la red de distribución de Monte Grande I

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tabla de Velocidades Red - Líneas de Monte Grande I

ID Línea	Longitud m	Ø mm	Rugosidad LPS	Caudal m/s	Velocidad
Tubería 1	15.1095	250	150	83.91	1.71
Tubería 2	6.4193	250	150	83.91	1.71
Tubería 3	50	250	150	40.48	0.82
Tubería 4	229.424	300	150	36.88	0.52
Tubería 5	206.626	250	150	36.88	0.75
Tubería 6	445.495	250	150	36.88	0.75
Tubería 7	239.3824	250	150	36.88	0.75
Tubería 8	200.5059	250	150	36.88	0.75
Tubería 9	50.562	200	150	30.35	0.97
Tubería 10	65.0689	100	150	4.11	0.52
Tubería 11	72.9619	150	150	6.37	0.36
Tubería 12	104.5682	100	150	4.30	0.55
Tubería 13	282.5248	150	150	6.18	0.35
Tubería 14	185.1052	100	150	2.95	0.38
Tubería 15	104.3641	100	150	4.22	0.54
Tubería 16	94.1474	100	150	2.98	0.38
Tubería 17	182.2251	100	150	-1.43	0.18
Tubería 18	39.610	200	150	26.24	0.84
Tubería 19	156.2376	200	150	25.26	0.80
Tubería 20	59.7987	200	150	18.85	0.60
Tubería 21	76.44	250	150	22.07	0.45
Tubería 22	89.5846	200	150	17.94	0.57
Tubería 23	199.85	150	150	5.59	0.32
Tubería 24	136.15	100	150	3.40	0.43
Tubería 25	101.58	100	150	1.75	0.22
Tubería 26	126.8	75	150	0.51	0.12

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 27	139.04	75	200	-0.64	0.15
Tubería 28	100	50	0.1	0.03	0.01
Tubería 29	90.99	50	150	0.68	0.35
Tubería 30	69.55	50	150	-0.52	0.26
Tubería 31	62.47	200	150	17.01	0.54
Tubería 32	84.01	150	150	12.47	0.71
Tubería 33	77.41	150	150	9.60	0.54
Tubería 34	99.25	150	150	7.35	0.42
Tubería 35	65.12	100	150	3.27	0.42
Tubería 36	100.79	100	150	2.52	0.32
Tubería 37	73.84	50	150	0.53	0.27
Tubería 38	85.57	100	150	1.31	0.17
Tubería 39	80.98	150	150	2.55	0.14
Tubería 40	81.24	100	150	0.87	0.11
Tubería 41	37.57	100	150	-3.55	0.45
Tubería 42	39.5856	50	150	0.48	0.24
Tubería 43	64.7485	100	150	4.60	0.59
Tubería 44	74.62	100	150	1.99	0.25
Tubería 45	140.87	100	150	2.85	0.36
Tubería 46	74.43	100	150	3.42	0.44
Tubería 47	80.88	100	150	2.75	0.35
Tubería 48	104.21	100	150	2.12	0.27
Tubería 49	80.30	100	150	1.13	0.14
Tubería 50	83.89	75	150	0.60	0.14
Tubería 51	85.5448	100	150	1.96	0.25
Tubería 52	82.34	100	150	1.83	0.23
Tubería 53	101.91	100	150	3.41	0.43
Tubería 54	85.05	100	150	1.92	0.24
Tubería 55	127.06	100	150	3.46	0.44
Tubería 56	82.71	100	150	2.92	0.37

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

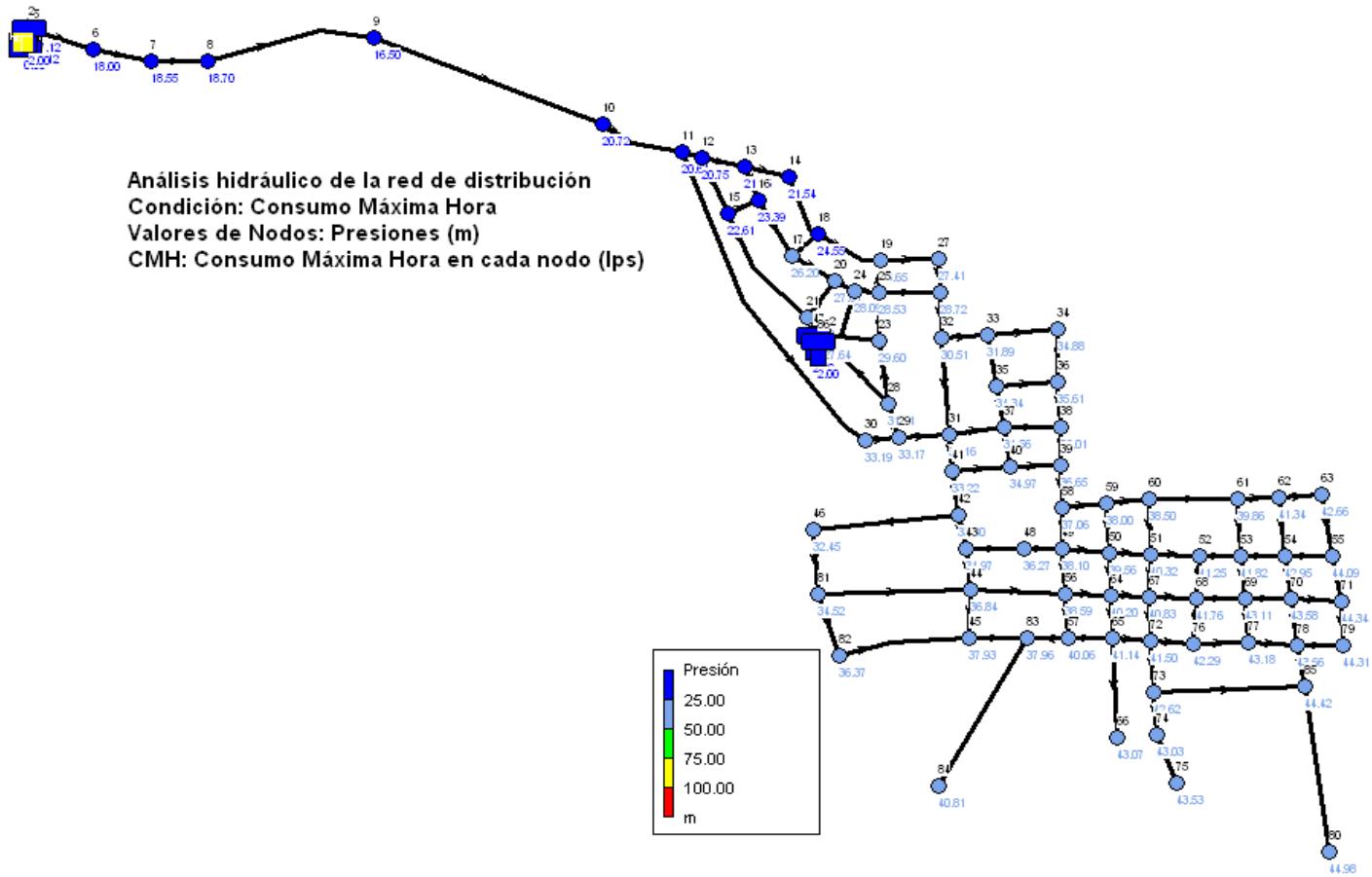
Tubería 57	77.37	100	150	2.29	0.29
Tubería 58	116.61	100	150	1.68	0.21
Tubería 59	84.37	100	150	0.84	0.11
Tubería 60	81.20	50	150	0.34	0.17
Tubería 61	69.04	100	150	4.05	0.52
Tubería 62	82.23	100	150	2.84	0.36
Tubería 63	97.91	100	150	2.94	0.37
Tubería 64	78.42	50	150	0.40	0.20
Tubería 65	81.05	75	150	0.56	0.13
Tubería 66	122.71	100	150	1.37	0.17
Tubería 67	83.60	50	150	0.31	0.16
Tubería 68	85.47	50	150	0.29	0.15
Tubería 69	83.29	100	150	2.35	0.30
Tubería 70	75.03	75	150	0.96	0.22
Tubería 71	78.94	100	150	2.39	0.30
Tubería 72	83.27	100	150	2.48	0.32
Tubería 73	92.34	100	150	2.59	0.33
Tubería 74	83.56	100	150	1.88	0.24
Tubería 75	81.81	100	150	1.71	0.22
Tubería 76	133.99	37.5	150	0.08	0.07
Tubería 77	84.71	75	150	0.65	0.15
Tubería 78	81.64	50	150	0.40	0.20
Tubería 79	80.89	100	150	1.71	0.22
Tubería 80	83.44	100	150	1.91	0.24
Tubería 81	93.38	100	150	1.84	0.23
Tubería 82	78.97	50	150	0.38	0.19
Tubería 83	81.25	100	150	1.36	0.17
Tubería 84	73.98	100	150	1.14	0.15
Tubería 85	77.65	50	150	0.35	0.18
Tubería 86	76.40	75	150	0.63	0.14

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 87	78.53	50	150	0.29	0.15
Tubería 88	143.87	75	150	0.52	0.12
Tubería 89	85.37	50	150	0.38	0.19
Tubería 90	81.53	50	150	0.22	0.11
Tubería 91	79.91	50	150	0.34	0.17
Tubería 92	80.27	50	150	0.23	0.12
Tubería 93	71.86	50	150	0.24	0.12
Tubería 94	77.40	50	150	0.24	0.12
Tubería 95	64.02	75	150	0.50	0.11
Tubería 96	91.72	75	150	0.48	0.11
Tubería 97	56.9	50	150	0.27	0.14
Tubería 98	82.45	100	150	1.01	0.13
Tubería 99	89.06	100	150	1.39	0.18
Tubería 100	86.21	100	150	1.59	0.20
Tubería 101	84.58	100	150	1.96	0.25
Tubería 102	78.84	75	150	0.75	0.17
Tubería 103	73.99	50	150	0.23	0.12
Tubería 104	86.77	50	150	0.31	0.16
Tubería 105	85.71	100	150	1.20	0.15
Tubería 106	92.34	100	150	1.18	0.15
Tubería 107	80.42	75	150	1.15	0.26
Tubería 108	87.28	75	150	0.66	0.15
Tubería 109	78.21	50	150	0.42	0.21
Tubería 110	75.54	75	150	0.12	0.03
Tubería 111	77.46	50	150	0.20	0.10
Tubería 112	76.09	50	150	0.08	0.04
Tubería 113	79.49	50	150	-0.23	0.12
Tubería 114	82.35	50	150	0.35	0.18
Tubería 115	88.59	50	150	-0.34	0.17
Tubería 116	89.37	50	150	0.24	0.12

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 117	86.27	50	150	0.32	0.16
Tubería 119	26	50	150	-3.60	1.84
Bomba 118	#N/A	#N/A	#N/A	83.91	0.00



Grafica 9.3.1 Presiones en la Red de agua potable de Monte Grande II.

Tabla de Presiones en la Red – Nudos de Monte Grande II

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	177	0	194.06	17.06
Conexión 4	176.9	0	194.02	17.12
Conexión 5	176.7	0	193.82	17.12
Conexión 6	174.2	0	192.20	18.00
Conexión 7	172.1	0	190.65	18.55
Conexión 8	170.5	0	189.20	18.70
Conexión 9	168.3	0	184.80	16.50
Conexión 10	157.7	0	178.42	20.72
Conexión 11	155.6	0	176.24	20.64
Conexión 12	155.153	0.83	175.90	20.75
Conexión 13	154.081	0.76	175.74	21.66
Conexión 14	154.091	0.53	175.63	21.54
Conexión 15	153.173	1.12	175.78	22.61
Conexión 16	152.322	0.53	175.71	23.39
Conexión 17	149.435	0.56	175.64	26.20
Conexión 18	150.961	0.34	175.51	24.55
Conexión 19	148.739	0.22	175.39	26.65
Conexión 20	148	0.35	175.61	27.61
Conexión 21	148.777	1.17	175.66	26.88
Conexión 22	148	1.15	175.64	27.64
Conexión 23	146	0.64	175.60	29.60
Conexión 24	147.504	0.30	175.60	28.09
Conexión 25	146.916	0.43	175.45	28.53
Conexión 26	146.337	0.36	175.06	28.72
Conexión 27	147.865	0.12	175.27	27.41
Conexión 28	144.481	0.93	175.69	31.21
Conexión 29	142.537	0.38	175.71	33.17
Conexión 30	142.6	0.40	175.79	33.19

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Conexión 31	141.698	1.02	174.86	33.16
Conexión 32	144.442	0.74	174.95	30.51
Conexión 33	142.871	0.50	174.76	31.89
Conexión 34	139.866	0.24	174.74	34.88
Conexión 35	140.368	0.49	174.71	34.34
Conexión 36	139.085	0.43	174.69	35.61
Conexión 37	140.134	1.04	174.69	34.56
Conexión 38	138.607	0.27	174.62	36.01
Conexión 39	137.753	0.26	174.40	36.65
Conexión 40	139.484	0.80	174.46	34.97
Conexión 41	141.295	0.79	174.52	33.22
Conexión 42	140.414	1.15	174.21	33.80
Conexión 43	138.853	1.16	173.82	34.97
Conexión 44	136.609	1.14	173.45	36.84
Conexión 45	135.39	1.42	173.32	37.93
Conexión 46	141.544	1.19	174.00	32.45
Conexión 48	137.423	0.52	173.70	36.27
Conexión 49	135.541	0.52	173.64	38.10
Conexión 50	134	0.50	173.56	39.56
Conexión 51	133.09	0.56	173.41	40.32
Conexión 52	131.981	0.61	173.23	41.25
Conexión 53	131.379	0.57	173.20	41.82
Conexión 54	130.199	0.60	173.15	42.95
Conexión 55	128.997	0.32	173.09	44.09
Conexión 56	134.8	0.67	173.39	38.59
Conexión 57	133.211	1.31	173.27	40.06
Conexión 58	136.913	0.37	173.97	37.06
Conexión 59	135.748	0.28	173.75	38.00
Conexión 60	135.145	0.28	173.65	38.50
Conexión 61	133.39	0.55	173.25	39.86

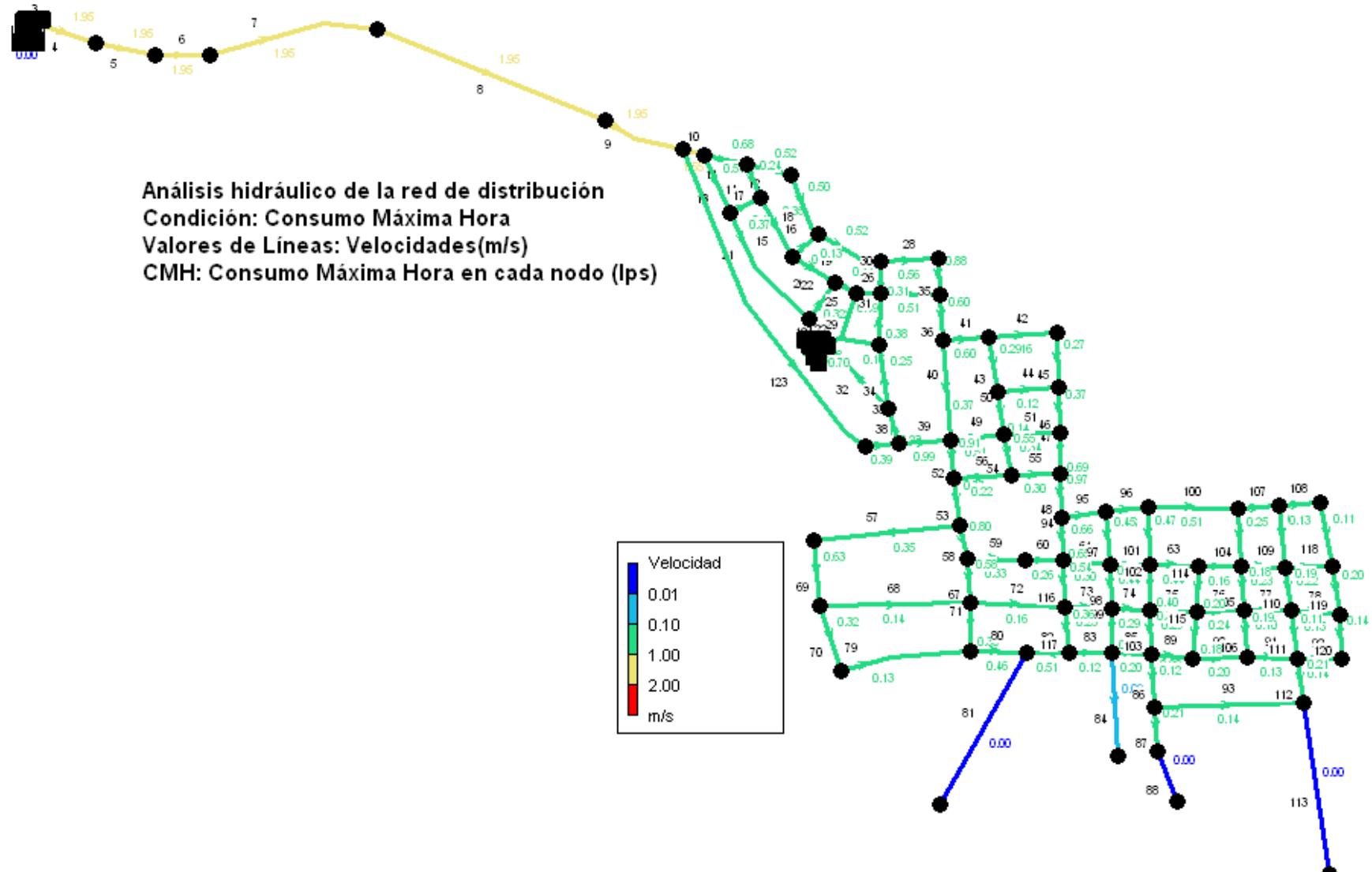
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Conexión 62	131.84	0.34	173.18	41.34
Conexión 63	130.444	0.19	173.11	42.66
Conexión 64	133.13	0.46	173.33	40.20
Conexión 65	132.11	0.52	173.25	41.14
Conexión 66	130.155	0.74	173.23	43.07
Conexión 67	132.441	0.50	173.27	40.83
Conexión 68	131.43	0.52	173.19	41.76
Conexión 69	130.019	0.54	173.13	43.11
Conexión 70	129.519	0.53	173.10	43.58
Conexión 71	128.705	0.71	173.05	44.34
Conexión 72	131.675	0.50	173.17	41.50
Conexión 73	130.506	0.92	173.12	42.62
Conexión 74	130	0.41	173.03	43.03
Conexión 75	129.5	0	173.03	43.53
Conexión 76	130.867	1.42	173.16	42.29
Conexión 77	129.911	1.43	173.09	43.18
Conexión 78	129.411	0.51	173.07	43.66
Conexión 79	128.718	1.40	173.03	44.31
Conexión 80	128	0	172.98	44.98
Conexión 81	138.994	1.26	173.51	34.52
Conexión 82	137	1.52	173.37	36.37
Conexión 83	134.844	1.91	172.81	37.96
Conexión 84	132	0	172.81	40.81
Conexión 85	128.564	0.68	172.98	44.42
Embalse 1	61.18	#N/A	61.18	0.00
Depósito 2	192	#N/A	194.00	2.00
Depósito 47	173.7	#N/A	175.70	2.00
Depósito 86	173.6	#N/A	175.60	2.00

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II



Grafica 9.3.1.1. Velocidades en la red de distribución de Monte Grande II.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tabla de Velocidades Red – Líneas de Monte Grande II

ID Línea	Longitud m	Ø mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s
Tubería 1	15.31	300	150	64.23	0.91
Tubería 2	11.1	300	150	64.23	0.91
Tubería 3	12.53	200	150	61.29	1.95
Tubería 4	113.1	200	150	61.29	1.95
Tubería 5	107.8	200	150	61.29	1.95
Tubería 6	101.27	200	150	61.29	1.95
Tubería 7	306.12	200	150	61.29	1.95
Tubería 8	444.62	200	150	61.29	1.95
Tubería 9	151.97	200	150	61.29	1.95
Tubería 10	36.32	200	150	48.69	1.55
Tubería 11	82.12	200	150	21.34	0.68
Tubería 12	81.42	200	150	16.38	0.52
Tubería 13	116.62	250	150	26.52	0.54
Tubería 14	61.43	150	150	7.46	0.42
Tubería 15	123.46	200	150	11.13	0.35
Tubería 16	62.34	150	150	9.98	0.56
Tubería 17	61.87	150	150	4.20	0.24
Tubería 18	106.49	200	150	15.85	0.50
Tubería 19	128.02	250	150	25.50	0.52
Tubería 20	87.97	75	150	0.58	0.13
Tubería 21	245.26	250	150	17.94	0.37
Tubería 22	85.38	75	150	0.85	0.19
Tubería 23	48.23	250	150	15.92	0.32
Tubería 24	77.84	100	150	1.66	0.21

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 25	44.98	100	150	1.08	0.14
Tubería 26	41.79	75	150	2.18	0.49
Tubería 27	104.30	75	150	2.25	0.51
Tubería 28	104.18	250	150	27.73	0.56
Tubería 29	115.57	100	150	1.40	0.18
Tubería 30	57.8	100	150	-2.45	0.31
Tubería 31	99	100	150	-2.95	0.38
Tubería 32	170.1	100	150	-1.14	0.15
Tubería 33	64.71	150	150	4.01	0.23
Tubería 34	121.69	100	150	-1.94	0.25
Tubería 35	65.16	200	150	27.61	0.88
Tubería 36	83.46	250	150	29.50	0.60
Tubería 38	104.35	200	150	-12.20	0.39
Tubería 39	92.14	100	150	7.81	0.99
Tubería 40	184.32	250	150	-18.22	0.37
Tubería 41	87.23	150	150	10.54	0.60
Tubería 42	126.88	200	150	4.96	0.16
Tubería 43	90.1	150	150	5.09	0.29
Tubería 44	113.66	150	150	2.20	0.12
Tubería 45	96.94	150	150	4.72	0.27
Tubería 46	84.7	150	150	6.49	0.37
Tubería 47	73.38	150	150	12.18	0.69
Tubería 48	77.91	150	150	17.18	0.97
Tubería 49	100.54	150	150	8.93	0.51
Tubería 50	86.2	150	150	-2.40	0.14
Tubería 51	101	150	150	5.96	0.34
Tubería 52	70.31	150	150	16.07	0.91
Tubería 53	84.75	150	150	13.55	0.77
Tubería 54	76.6	100	150	4.33	0.55
Tubería 55	89.9	150	150	5.26	0.30

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 56	104.74	100	150	1.73	0.22
Tubería 57	265.72	150	150	6.11	0.35
Tubería 58	63.40	100	150	6.29	0.80
Tubería 59	107.04	100	150	2.56	0.33
Tubería 60	69.1	100	150	2.04	0.26
Tubería 61	84.23	100	150	2.38	0.30
Tubería 62	70.77	100	150	3.49	0.44
Tubería 63	88.51	100	150	3.46	0.44
Tubería 64	81.19	100	150	1.29	0.16
Tubería 65	78.42	100	150	1.84	0.23
Tubería 66	80.53	75	150	0.96	0.22
Tubería 67	78.2	75	150	2.58	0.58
Tubería 68	272.75	100	150	-1.12	0.14
Tubería 69	123.41	100	150	4.92	0.63
Tubería 70	121.11	100	150	2.54	0.32
Tubería 71	89.6	75	150	1.30	0.30
Tubería 72	172.53	100	150	1.25	0.16
Tubería 73	82.93	100	150	1.94	0.25
Tubería 74	70.93	100	150	2.26	0.29
Tubería 75	82.68	100	150	2.27	0.29
Tubería 76	89.42	100	150	1.91	0.24
Tubería 77	85.75	50	150	0.20	0.10
Tubería 78	88.83	50	150	0.29	0.15
Tubería 79	240.67	100	150	1.02	0.13
Tubería 80	103.92	50	150	0.90	0.46
Tubería 81	306.9	100	150	0.00	0.00
Tubería 82	76.34	50	150	-1.01	0.51
Tubería 83	78.19	75	150	0.55	0.12
Tubería 84	186.83	100	150	0.74	0.09
Tubería 85	71.70	50	150	0.40	0.20

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 86	98.23	100	150	1.60	0.20
Tubería 87	79.82	50	150	0.41	0.21
Tubería 88	97.37	50	150	0.00	0.00
Tubería 89	76.58	100	150	0.91	0.12
Tubería 90	99.54	75	150	0.89	0.20
Tubería 91	92.15	100	150	0.99	0.13
Tubería 92	78.24	50	150	0.28	0.14
Tubería 93	271.54	50	150	0.27	0.14
Tubería 94	78.37	100	150	-5.08	0.65
Tubería 95	80.46	150	150	11.73	0.66
Tubería 96	76.68	150	150	7.94	0.45
Tubería 97	92.45	100	150	3.51	0.45
Tubería 98	81.68	75	150	1.90	0.43
Tubería 99	82.61	75	150	1.11	0.25
Tubería 100	149.47	100	150	4.01	0.51
Tubería 101	105.53	100	150	3.66	0.47
Tubería 102	84.57	100	150	3.12	0.40
Tubería 103	79.21	100	150	2.61	0.33
Tubería 104	109.1	100	150	1.47	0.19
Tubería 105	81.51	50	150	0.36	0.18
Tubería 106	87.35	100	150	1.52	0.19
Tubería 107	86.9	100	150	1.99	0.25
Tubería 108	77.38	75	150	1.09	0.25
Tubería 109	112.83	75	150	0.56	0.13
Tubería 110	82	75	150	0.84	0.19
Tubería 111	88.58	50	150	0.22	0.11
Tubería 112	78.67	50	150	0.41	0.21
Tubería 113	316	150	150	0.00	0.00
Tubería 114	83.35	100	150	1.56	0.20
Tubería 115	84.36	100	150	1.40	0.18

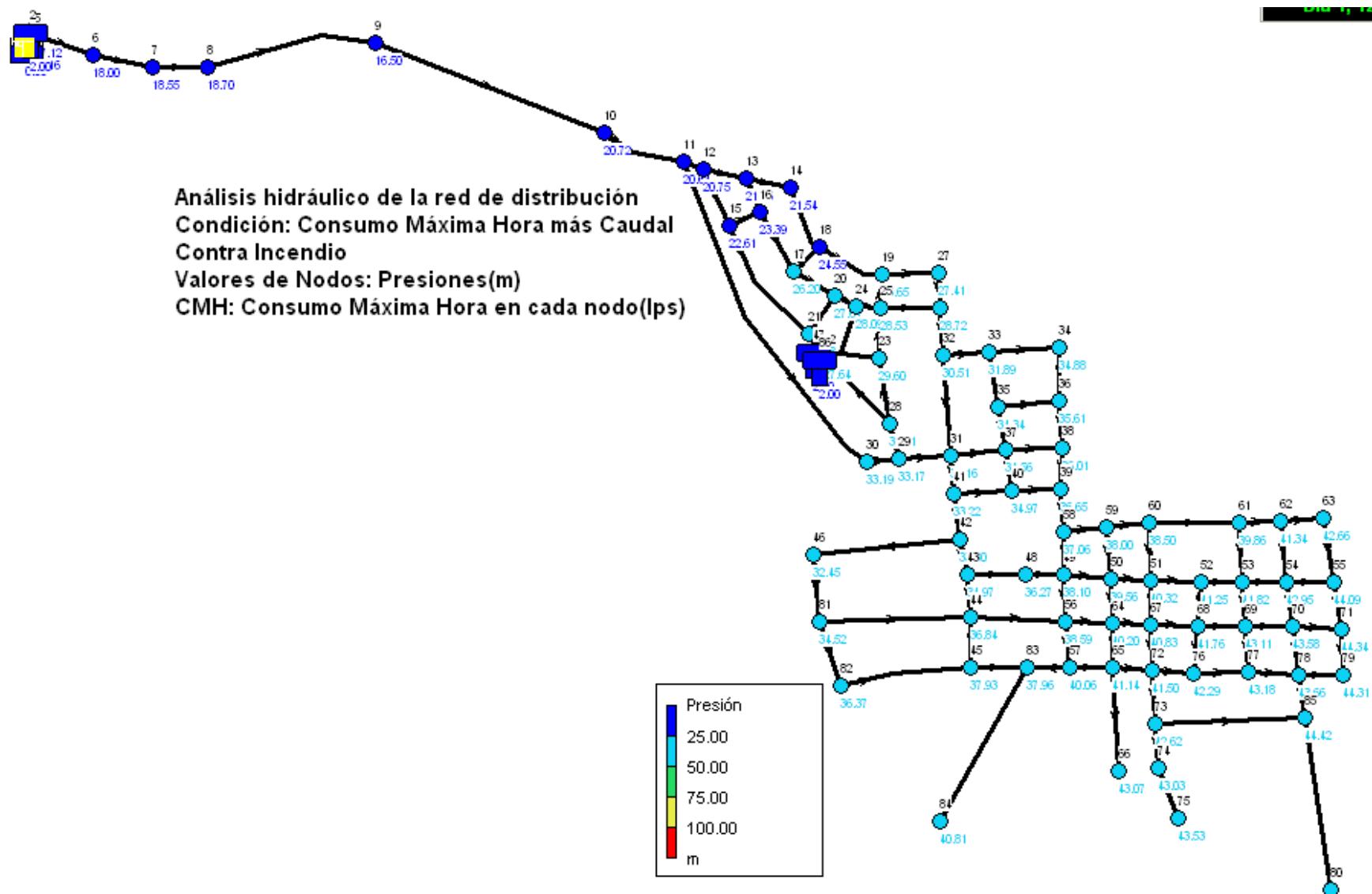
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tubería 116	85.15	100	150	4.22	0.54
Tubería 117	83.89	100	150	2.86	0.36
Tubería 118	112.8	100	150	0.90	0.11
Tubería 119	92.21	100	150	1.54	0.20
Tubería 120	79.10	100	150	1.12	0.14
Tubería 122	28	200	150	21.45	0.68
Tubería 123	596.8	200	150	12.60	0.40
Tubería 124	25.72	250	150	-34.31	0.70
Bomba 121	#N/A	#N/A	#N/A	64.23	0.00

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II



Grafica 9.3.2. Presiones en la Red de agua potable de Monte Grande II.

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Tabla de Presiones Red – Nudos de Monte Grande II

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m
Conexión 3	177	0	194.14	17.14
Conexión 4	176.9	0	194.06	17.16
Conexión 5	176.7	0	193.82	17.12
Conexión 6	174.2	0	192.20	18.00
Conexión 7	172.1	0	190.65	18.55
Conexión 8	170.5	0	189.20	18.70
Conexión 9	168.3	0	184.80	16.50
Conexión 10	157.7	0	178.42	20.72
Conexión 11	155.6	0	176.24	20.64
Conexión 12	155.153	0.83	175.90	20.75
Conexión 13	154.081	0.76	175.74	21.66
Conexión 14	154.091	0.53	175.63	21.54
Conexión 15	153.173	1.12	175.78	22.61
Conexión 16	152.322	0.53	175.71	23.39
Conexión 17	149.435	0.56	175.64	26.20
Conexión 18	150.961	0.34	175.51	24.55
Conexión 19	148.739	0.22	175.39	26.65
Conexión 20	148	0.35	175.61	27.61
Conexión 21	148.777	1.17	175.66	26.88
Conexión 22	148	1.15	175.64	27.64

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Conexión 23	146	0.64	175.60	29.60
Conexión 24	147.504	0.30	175.60	28.09
Conexión 25	146.916	0.43	175.45	28.53
Conexión 26	146.337	0.36	175.06	28.72
Conexión 27	147.865	0.12	175.27	27.41
Conexión 28	144.481	0.93	175.69	31.21
Conexión 29	142.537	0.38	175.71	33.17
Conexión 30	142.6	0.40	175.79	33.19
Conexión 31	141.698	1.02	174.86	33.16
Conexión 32	144.442	0.74	174.95	30.51
Conexión 33	142.871	0.50	174.76	31.89
Conexión 34	139.866	0.24	174.74	34.88
Conexión 35	140.368	0.49	174.71	34.34
Conexión 36	139.085	0.43	174.69	35.61
Conexión 37	140.134	1.04	174.69	34.56
Conexión 38	138.607	0.27	174.62	36.01
Conexión 39	137.753	0.26	174.40	36.65
Conexión 40	139.484	0.80	174.46	34.97
Conexión 41	141.295	0.79	174.52	33.22
Conexión 42	140.414	1.15	174.21	33.80
Conexión 43	138.853	1.16	173.82	34.97
Conexión 44	136.609	1.14	173.45	36.84
Conexión 45	135.39	1.42	173.32	37.93
Conexión 46	141.544	1.19	174.00	32.45

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Conexión 48	137.423	0.52	173.70	36.27
Conexión 49	135.541	0.52	173.64	38.10
Conexión 50	134	0.50	173.56	39.56
Conexión 51	133.09	0.56	173.41	40.32
Conexión 52	131.981	0.61	173.23	41.25
Conexión 53	131.379	0.57	173.20	41.82
Conexión 54	130.199	0.60	173.15	42.95
Conexión 55	128.997	0.32	173.09	44.09
Conexión 56	134.8	0.67	173.39	38.59
Conexión 57	133.211	1.31	173.27	40.06
Conexión 58	136.913	0.37	173.97	37.06
Conexión 59	135.748	0.28	173.75	38.00
Conexión 60	135.145	0.28	173.65	38.50
Conexión 61	133.39	0.55	173.25	39.86
Conexión 62	131.84	0.34	173.18	41.34
Conexión 63	130.444	0.19	173.11	42.66
Conexión 64	133.13	0.46	173.33	40.20
Conexión 65	132.11	0.52	173.25	41.14
Conexión 66	130.155	0.74	173.23	43.07
Conexión 67	132.441	0.50	173.27	40.83
Conexión 68	131.43	0.52	173.19	41.76
Conexión 69	130.019	0.54	173.13	43.11
Conexión 70	129.519	0.53	173.10	43.58
Conexión 71	128.705	0.71	173.05	44.34

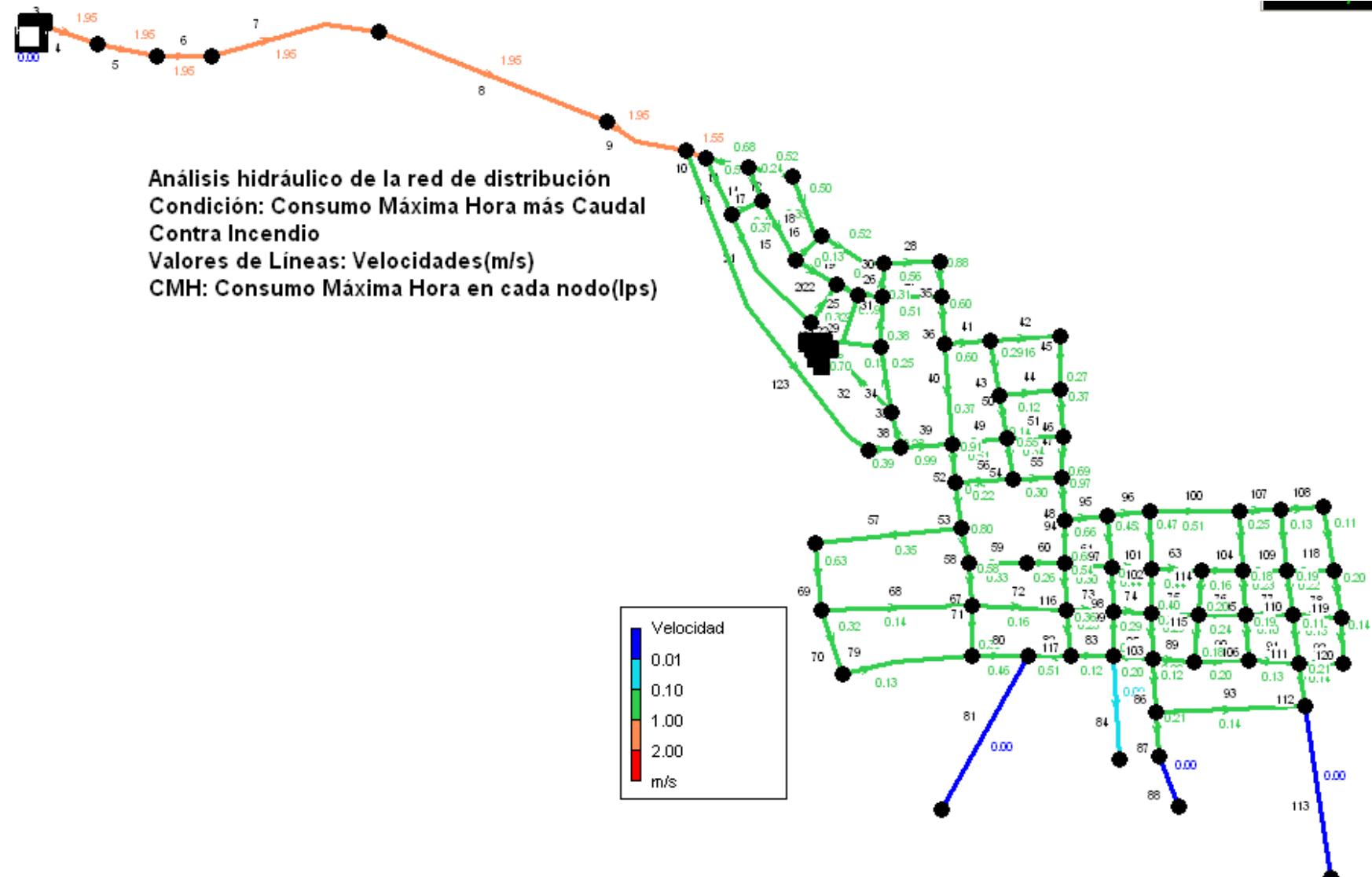
DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

Conexión 72	131.675	0.50	173.17	41.50
Conexión 73	130.506	0.92	173.12	42.62
Conexión 74	130	0.41	173.03	43.03
Conexión 75	129.5	0	173.03	43.53
Conexión 76	130.867	1.42	173.16	42.29
Conexión 77	129.911	1.43	173.09	43.18
Conexión 78	129.411	0.51	173.07	43.66
Conexión 79	128.718	1.40	173.03	44.31
Conexión 80	128	0	172.98	44.98
Conexión 81	138.994	1.26	173.51	34.52
Conexión 82	137	1.52	173.37	36.37
Conexión 83	134.844	1.91	172.81	37.96
Conexión 84	132	0	172.81	40.81
Conexión 85	128.564	0.68	172.98	44.42
Conexión 86	136.509	9.46	172.45	33.94
Embalse 1	61.18	#N/A	61.18	0.00
Depósito 2	192	#N/A	194.00	2.00
Depósito 47	173.7	#N/A	175.70	2.00
Depósito 86	173.6	#N/A	175.60	2.00

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II

DISEÑO HIDRAULICO PARA MONTE GRANDE II



Grafica 9.3.2.1. Velocidades en la red de distribución de Monte Grande II.

Tabla de Velocidades Red - Líneas de Monte Grande II

ID Línea	Longitud m	Ø mm	Rugosidad LPS	Caudal	Velocidad m/s
Tubería 1	15.31	300	150	102.62	1.45
Tubería 2	11.1	300	150	102.62	1.45
Tubería 3	12.53	200	150	61.29	1.95
Tubería 4	113.1	200	150	61.29	1.95
Tubería 5	107.8	200	150	61.29	1.95
Tubería 6	101.27	200	150	61.29	1.95
Tubería 7	306.12	200	150	61.29	1.95
Tubería 8	444.62	200	150	61.29	1.95
Tubería 9	151.97	200	150	61.29	1.95
Tubería 10	36.32	200	150	48.69	1.55
Tubería 11	82.12	200	150	21.34	0.68
Tubería 12	81.42	200	150	16.38	0.52
Tubería 13	116.62	250	150	26.52	0.54
Tubería 14	61.43	150	150	7.46	0.42
Tubería 15	123.46	200	150	11.13	0.35
Tubería 16	62.34	150	150	9.98	0.56
Tubería 17	61.87	150	150	4.20	0.24
Tubería 18	106.49	200	150	15.85	0.50
Tubería 19	128.02	250	150	25.50	0.52
Tubería 20	87.97	75	150	0.58	0.13
Tubería 21	245.26	250	150	17.94	0.37
Tubería 22	85.38	75	150	0.85	0.19
Tubería 23	48.23	250	150	15.92	0.32
Tubería 24	77.84	100	150	1.66	0.21

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Tubería 25	44.98	100	150	1.08	0.14
Tubería 26	41.79	75	150	2.18	0.49
Tubería 27	104.30	75	150	2.25	0.51
Tubería 28	104.18	250	150	27.73	0.56
Tubería 29	115.57	100	150	1.40	0.18
Tubería 30	57.8	100	150	-2.45	0.31
Tubería 31	99	100	150	-2.95	0.38
Tubería 32	170.1	100	150	-1.14	0.15
Tubería 33	64.71	150	150	4.01	0.23
Tubería 34	121.69	100	150	-1.94	0.25
Tubería 35	65.16	200	150	27.61	0.88
Tubería 36	83.46	250	150	29.50	0.60
Tubería 38	104.35	200	150	-12.20	0.39
Tubería 39	92.14	100	150	7.81	0.99
Tubería 40	184.32	250	150	-18.22	0.37
Tubería 41	87.23	150	150	10.54	0.60
Tubería 42	126.88	200	150	4.96	0.16
Tubería 43	90.1	150	150	5.09	0.29
Tubería 44	113.66	150	150	2.20	0.12
Tubería 45	96.94	150	150	4.72	0.27
Tubería 46	84.7	150	150	6.49	0.37
Tubería 47	73.38	150	150	12.18	0.69
Tubería 48	77.91	150	150	17.18	0.97
Tubería 49	100.54	150	150	8.93	0.51
Tubería 50	86.2	150	150	-2.40	0.14
Tubería 51	101	150	150	5.96	0.34
Tubería 52	70.31	150	150	16.07	0.91
Tubería 53	84.75	150	150	13.55	0.77
Tubería 54	76.6	100	150	4.33	0.55
Tubería 55	89.9	150	150	5.26	0.30
Tubería 56	104.74	100	150	1.73	0.22

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Tubería 57	265.72	150	150	6.11	0.35
Tubería 58	63.40	100	150	6.29	0.80
Tubería 59	107.04	100	150	2.56	0.33
Tubería 60	69.1	100	150	2.04	0.26
Tubería 61	84.23	100	150	2.38	0.30
Tubería 62	70.77	100	150	3.49	0.44
Tubería 63	88.51	100	150	3.46	0.44
Tubería 64	81.19	100	150	1.29	0.16
Tubería 65	78.42	100	150	1.84	0.23
Tubería 66	80.53	75	150	0.96	0.22
Tubería 67	78.2	75	150	2.58	0.58
Tubería 68	272.75	100	150	-1.12	0.14
Tubería 69	123.41	100	150	4.92	0.63
Tubería 70	121.11	100	150	2.54	0.32
Tubería 71	89.6	75	150	1.30	0.30
Tubería 72	172.53	100	150	1.25	0.16
Tubería 73	82.93	100	150	1.94	0.25
Tubería 74	70.93	100	150	2.26	0.29
Tubería 75	82.68	100	150	2.27	0.29
Tubería 76	89.42	100	150	1.91	0.24
Tubería 77	85.75	50	150	0.20	0.10
Tubería 78	88.83	50	150	0.29	0.15
Tubería 79	240.67	100	150	1.02	0.13
Tubería 80	103.92	50	150	0.90	0.46
Tubería 81	306.9	100	150	0.00	0.00
Tubería 82	76.34	50	150	-1.01	0.51
Tubería 83	78.19	75	150	0.55	0.12
Tubería 84	186.83	100	150	0.74	0.09
Tubería 85	71.70	50	150	0.40	0.20
Tubería 86	98.23	100	150	1.60	0.20
Tubería 87	79.82	50	150	0.41	0.21

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Tubería 88	97.37	50	150	0.00	0.00
Tubería 89	76.58	100	150	0.91	0.12
Tubería 90	99.54	75	150	0.89	0.20
Tubería 91	92.15	100	150	0.99	0.13
Tubería 92	78.24	50	150	0.28	0.14
Tubería 93	271.54	50	150	0.27	0.14
Tubería 94	78.37	100	150	-5.08	0.65
Tubería 95	80.46	150	150	11.73	0.66
Tubería 96	76.68	150	150	7.94	0.45
Tubería 97	92.45	100	150	3.51	0.45
Tubería 98	81.68	75	150	1.90	0.43
Tubería 99	82.61	75	150	1.11	0.25
Tubería 100	149.47	100	150	4.01	0.51
Tubería 101	105.53	100	150	3.66	0.47
Tubería 102	84.57	100	150	3.12	0.40
Tubería 103	79.21	100	150	2.61	0.33
Tubería 104	109.1	100	150	1.47	0.19
Tubería 105	81.51	50	150	0.36	0.18
Tubería 106	87.35	100	150	1.52	0.19
Tubería 107	86.9	100	150	1.99	0.25
Tubería 108	77.38	75	150	1.09	0.25
Tubería 109	112.83	75	150	0.56	0.13
Tubería 110	82	75	150	0.84	0.19
Tubería 111	88.58	50	150	0.22	0.11
Tubería 112	78.67	50	150	0.41	0.21
Tubería 113	316	150	150	0.00	0.00
Tubería 114	83.35	100	150	1.56	0.20
Tubería 115	84.36	100	150	1.40	0.18
Tubería 116	85.15	100	150	4.22	0.54
Tubería 117	83.89	100	150	2.86	0.36
Tubería 118	112.8	100	150	0.90	0.11

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Tubería 119	92.21	100	150	1.54	0.20
Tubería 120	79.10	100	150	1.12	0.14
Tubería 122	28	200	150	21.45	0.68
Tubería 123	596.8	200	150	12.60	0.40
Tubería 124	25.72	250	150	-34.31	0.70
Bomba 121	#N/A	#N/A	#N/A	102.62	0.00

+X. ALGORITMOS DE CÁLCULO EN EPANET

Para acometer el análisis hidráulico de redes de distribución se debe formular primeramente el problema, estableciendo las ecuaciones que representan con mayor fidelidad el sistema, con el fin de obtener los valores de alturas piezométricas en los nudos y los caudales que circulan por las tuberías a partir de las características de los componentes de la red. De modo que tenemos:

Datos:

- ✧ características de las conducciones:
 - longitud
 - diámetro
 - rugosidad
- ✧ características de componentes especiales:
 - niveles de depósitos
 - curvas características de los grupos de bombeo
 - consigna de válvulas
 - consumos en los nudos
 - altura piezométrica de referencia (suma de altura de presión y cota)
- ✧ Incógnitas:
 - caudales circulantes por tuberías
 - alturas piezométricas en los nudos

10.1. DEFINICIONES

Para abordar dicho objetivo, comenzaremos aclarando los siguientes conceptos:

Red de distribución: es un conjunto de elementos interconectados que conducen el agua desde los puntos de alimentación a los de consumo, manteniendo unas condiciones cuantitativas y cualitativas óptimas.

La topología del sistema da lugar a los siguientes tipos de redes:

Ramificadas: de forma arborescente, se caracterizan porque el agua tiene un único trayecto desde el punto de abastecimiento al punto de consumo. Es el caso de las redes de regadío. Para conocer el caudal que circula por una línea sólo es necesario aplicar la ecuación de continuidad en cada nudo, junto con la ecuación de la energía.

Éstas pueden resultar poco compensadas, obteniéndose la solución a través de un cálculo directo, ya que en los puntos más alejados de la red las presiones son menores. También presentan problemas de calidad al estancarse el agua. Esto es muy común en zonas de playa, donde es necesario reclorar o purgar el sistema, con la pérdida de agua que conlleva.

Malladas: están compuestas por circuitos cerrados formados por varias líneas. Nos ofrecen mayor garantía que las redes ramificadas, ya que el agua tiene distintos caminos para llegar al punto de consumo. Así mismo las presiones tienden a autoequilibrarse sin necesidad de infraestructuras.

No pueden calcularse únicamente mediante la ecuación de continuidad, de modo que la determinación de caudales es más compleja, lo que hace imprescindible tenerlas modelizadas.

Mixtas: son las más comunes. Presentan mallas conectando las arterias principales y ramificaciones en las tuberías secundarias que llevan el agua al consumidor.

También es determinante la temporalidad a la hora de la modelación:

Simulación en periodo simple: los consumos en nudos, la piezometría y las características de los elementos de regulación no sufren alteraciones a lo largo del tiempo.

Simulación en periodo extendido: la variable tiempo se considera explícitamente. En todo caso considera que los tiempos de maniobra son muy superiores a los tiempos de viaje de las ondas de forma que no existe golpe de ariete.

En lo que concierne a la representación física de la red:

Elemento: es un componente real de la red, sin unión con el exterior, cuyo comportamiento hidráulico está perfectamente definido. Generalmente una red está constituida por una gran cantidad de elementos, de modo que para facilitar la modelación se agrupan en líneas.

Líneas: es un conjunto de elementos que se pueden caracterizar mediante una ecuación representativa del comportamiento global.

Nudos: corresponden a los lugares donde son aplicadas las condiciones de contorno del problema. Es a través de ellos por donde la red se comunica con el exterior.

Los componentes de la red representados mediante líneas son los siguientes:

Tuberías: EPANET asume que las tuberías se encuentran completamente llenas en todo momento, de modo que el flujo es a presión. El flujo circulará desde los nudos de mayor altura piezométrica hacia los de menor altura.

Bombas: comunican altura al fluido. El flujo a través de una bomba es de sentido único. EPANET no permite trabajar a la bomba fuera del rango delimitado por la curva característica definida.

Una vez especificada la curva característica de la bomba, podemos trabajar con bombas de velocidad variable precisando el valor de su velocidad relativa de giro, o bien asignando una curva de modulación a su velocidad de giro.

En lugar de introducir la curva característica de la bomba, podemos hacer que ésta trabaje a potencia constante. En este caso se tratará de un nudo, no una línea, por en que ingresa caudal a la red, siendo la demanda del nudo el valor, con signo negativo, del caudal que debe entrar a la red. De este modo EPANET calculará la altura que es necesario comunicar al fluido según el caudal.

Válvulas: limitan la presión o el caudal en un punto de la red según la consigna de cada tipo de válvula:

Válvulas Reductoras de Presión (VRP): evitan que la presión aguas abajo supere el valor de consigna. Se encontrará activa cuando el valor aguas arriba sea superior al valor de consigna; completamente abierta si es inferior; y cerrada si aguas abajo la altura piezométrica es mayor que aguas arriba con el objetivo de evitar el flujo inverso.

Válvulas Sostenedoras de Presión (VSP): evitan que la presión aguas arriba sea inferior al valor de consigna. Trabajará de manera activa cuando aguas abajo la presión sea inferior al valor de consigna; completamente abierta si es superior; y se encontrará cerrada para impedir el flujo inverso cuando la altura piezométrica sea mayor aguas arriba.

Válvulas de Rotura de Carga (VRC): reducen la presión en el nudo aguas abajo en un valor igual a la consigna.

Válvulas Limitadoras de Caudal (VLQ): limitan el caudal de paso a través de la línea en un valor determinado por la consigna. EPANET nos advierte en el caso de que con la válvula completamente abierta no se pueda suministrar el caudal de consigna. Son unidireccionales y deben orientarse en el mismo sentido del flujo por la línea. Si introducimos un caudal negativo como valor de consigna se comportan como una bomba de caudal prefijado.

Válvulas de Regulación (VRG): son bidireccionales. Trabajan introduciendo una pérdida de carga en función del caudal que las atraviesa. El valor de consigna es el coeficiente de pérdidas de la válvula.

Válvulas de Propósito General (VPG): se utilizan cuando la relación pérdidas-caudal no sigue el comportamiento típico establecido por las fórmulas hidráulicas. Se utilizan para modelar turbinas, descenso dinámico de pozos o válvulas reductoras de presión controladas por caudal. En estos casos la consigna de la válvula es la curva de pérdidas vs caudal.

Válvulas de Corte (VC) y Válvulas de Retención (VR): abren o cierran totalmente el paso del flujo. No se consideran líneas independientes, sino que se introducen en el modelo como características de las tuberías donde se localizan.

Accesorios: la pérdida de carga que introducen se modela modificando las características de la tubería donde van alojados, mediante su coeficiente de pérdidas.

Se representan como nudos los siguientes componentes:

Nudos de Caudal: son aquellos puntos donde confluyen las tuberías, a través de los cuales sale o entra agua, aunque también pueden ser sólo nudos de paso. Pueden tener asociados distintos tipos de demandas. Al igual que el resto de elementos considerados como nudos pueden ser punto de entrada de contaminantes a la red.

Embalses: son una fuente externa de alimentación o sumideros con capacidad ilimitada. Representan lagos, ríos, acuíferos o entradas a otros subsistemas. Al tratarse de elementos de contorno del sistema no existen resultados derivados del cálculo en los mismos, ya que no se verán afectados por lo que ocurra en la red.

Depósitos: tienen una capacidad limitada de almacenamiento. En ellos puede variar el nivel de agua con el tiempo durante la simulación. Si el depósito está a su nivel máximo o

mínimo, EPANET impide la entrada o salida de agua cerrando las líneas que lo conectan con la red.

Emisor: simula el flujo de salida a través de una tobera o un orificio que descargan a la atmósfera. El caudal descargado es proporcional a la raíz cuadrada de la presión y al coeficiente de descarga. Este coeficiente de descarga es el que se introduce en EPANET como propiedad del nudo para identificarlo como un emisor y representa el caudal que sale por el emisor para una caída de presión en el mismo de 1 m.c.a.

Además de los componentes ya definidos, EPANET necesita componentes no físicos para describir el comportamiento y modo de operación del sistema. Estos son:

Curvas de Comportamiento: representan la relación entre dos magnitudes. Son el caso de curvas características (altura-caudal), de rendimiento (rendimiento en %-caudal), de cubicación de embalses (volumen-caudal) o de pérdidas en válvulas de propósito general (pérdidas-caudal). Será necesario hacer referencia explícita a la curva en cuestión modificando las propiedades de cada elemento.

Curvas de Modulación o Patrones: se aplican cuando una determinada magnitud sufre modificaciones a lo largo del tiempo. Es necesario secuenciar los factores multiplicativos en función de los cuales variará dicha magnitud. Se utilizan para modular la demanda en nudos, las alturas de los embalses, la velocidad de giro de las bombas, las inyecciones de contaminantes en la red así como para calcular el precio de la energía.

Leyes de Control Simples: cambian el estado o la consigna de una línea según:

- el nivel de agua en un depósito
- la presión en un nudo
- el instante de la simulación
- la hora del día

Leyes de Control Basadas en Reglas: controlan el estado de líneas o consignas según una combinación de situaciones que pueda darse en la red.

10.2. HIPÓTESIS SIMPLIFICATIVAS

Cuando las variaciones de caudal y presión son pequeñas, podemos despreciarlas sin conducir a demasiados errores, considerando el sistema como permanente. De este modo, las hipótesis simplificativas serán las siguientes:

a. Hipótesis referentes al flujo:

- flujo unidimensional en el sentido del eje de la conducción.
- invariabilidad temporal de las variables relacionadas con el flujo.
- distribución uniforme de velocidad y presión en secciones transversales.

b. Hipótesis referentes al fluido:

- incompresible
- monofásico
- homogéneo
- newtoniano

c. Hipótesis referentes a las conducciones:

- homogeneidad y constancia en:
- material
- sección transversal
- espesor

10.3. ECUACIONES FUNDAMENTALES

Se aplican los principios de conservación de masa y energía. De modo que las ecuaciones planteadas serán:

a. *La ecuación de continuidad en nudos*: enunciada de la siguiente manera:

"la suma algebraica de los caudales máscicos (o volumétricos, ya que el fluido es incompresible) que confluyen en el nudo debe ser 0".

Lo que queda representado en la figura 4.1, en la que se ha adoptado como criterio de signos el positivo si el caudal se dirige del nudo i al j , si se trata de caudales que circulan por líneas de la red, siendo también de signo positivo aquellos caudales que salen de la red a través del nudo i , es decir, los consumos.

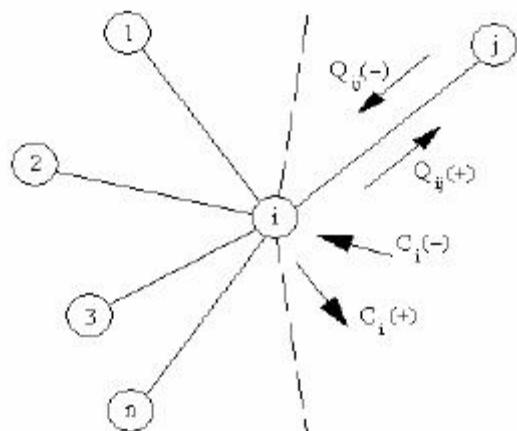


Fig. 4.1. Ecuación de continuidad para el nudo genérico i .

$$\sum_{j=1}^{n_{ti}} Q_{ij} = C_i \quad (4.1)$$

donde:

Q_{ij} : caudal que circula en la línea que une el nudo i al j ;

n_{ti} : número total de líneas que convergen en el nudo i ;

C_i : caudal de alimentación o consumo en el nudo i .

En lo que respecta a la conservación de energía, se aplica:

b. *La ecuación de Bernoulli*: expresada como sigue:

“la energía por unidad de peso del fluido en la sección aguas arriba (E_1), más la energía por unidad de peso cedida al mismo a través de elementos activos, tales como bombas (h_b) en el trayecto de 1 a 2 es igual a la energía por unidad de peso en la sección aguas abajo (E_2) más las pérdidas de energía por unidad de peso entre las secciones 1 y 2 (h_{1-2})”.

$$E_1 + h_b = E_2 + h_{1-2} \quad (4.2)$$

La energía por unidad de peso en una determinada sección consta de tres componentes:

$$E = \frac{p}{\gamma} + Z + \frac{V^2}{2g} \quad (4.3)$$

donde:

p/γ : altura de presión.

Z : cota geométrica.

$V^2/2g$: altura cinética.

10.4. ECUACIONES DE COMPORTAMIENTO DE LOS ELEMENTOS DE LA RED

Son aquellas que establecen una relación entre la diferencia de alturas piezométricas entre los extremos del elemento y el caudal circulante.

10.4.1. Tuberías

La pérdida de carga o altura piezométrica en una tubería debida a la fricción por el paso del agua, puede calcularse con EPANET utilizando las siguientes formulaciones:

- Darcy-Weisbach (para todo tipo de líquidos y regímenes)
- Hazen-Williams (sólo para agua)
- Chezy-Manning (para canales y tuberías de gran diámetro)

La ecuación básica de estas tres fórmulas es:

$$h_L = A Q^B \quad (4.4)$$

donde:

hL : pérdida de carga

Q: caudal

A: coeficiente de resistencia

B: exponente de caudal

Los valores de los parámetros A y B se encuentran representados en la tabla 4.1.:

<i>Fórmula</i>	<i>Coeficiente de Resistencia (A)</i>	<i>Exponente de Caudal (B)</i>
Hazen-Williams	$10.674 C^{-1.852} d^{-4.871} L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0827 f(\varepsilon, d, Q) d^{-5} L$	2
Chezy-Manning	$10.294 n^2 d^{-5.33} L$	2

donde:

C: coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams
 ε : coeficiente de rugosidad de Darcy-Weisbach (m)
f: factor de fricción (depende de ε , d y Q)
n: coeficiente de rugosidad de Manning
d: diámetro de la tubería (m)
L: longitud de la tubería (m)
Q: caudal (m^3/seg)

Tabla 4.1. Fórmulas de Pérdida de Carga para tubería en presión

Los coeficientes de rugosidad que aparecen en las tres formulaciones se encuentran clasificados según el tipo de tuberías en la tabla 4.2.

<i>Material</i>	<i>C Hazen-Williams (universal)</i>	<i>ε Darcy-Weisbach (mm)</i>	<i>n Manning (universal)</i>
fundición	130 – 140	0.26	0.012 – 0.015
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	0.045	0.015 – 0.017
cerámica	110	0.3	0.013 – 0.015

Tabla 4.2. Coeficientes de Rugosidad para Tubería Nueva

El factor de fricción f de la fórmula de Darcy-Weisbach se calcula, según el tipo de régimen, con uno de los siguientes métodos:

- Para flujo laminar ($Re < 2.000$) emplea la fórmula de Hazen-Poiseuille:

$$f = \frac{64}{Re}$$

- Para flujo turbulento ($Re > 4.000$) emplea la aproximación explícita de Swamee y Jain a la fórmula de Colebrook-White:

$$f = \frac{0.25}{\left[\log_{10} \left(\frac{\varepsilon}{3.7d} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]}$$

- Para el flujo de transición ($2000 < Re < 4000$) aplica una interpolación cúbica al diagrama de Moody:

10.4.2. Bombas

En caso de bombas, la altura suministrada al fluido se considerará como pérdidas cambiadas de signo, según la siguiente expresión:

$$h_{ij} = -\omega^2 \left(h_0 - r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega} \right)^n \right) \quad (4.5)$$

donde:

h_0 : altura a caudal nulo

ω : velocidad relativa de giro

r y n : son parámetros de la curva de la bomba

Q_{ij} : caudal que circula en la línea que une el nudo i al j .

El estado de las bombas se comprueba en cada instante de cálculo tras cada iteración sólo en las 10 primeras iteraciones. En las siguientes iteraciones deja de comprobarse hasta que se produce la convergencia.

Como consecuencia de la comprobación del estado, las bombas se paran si la altura que debe suministrar es superior a su altura a caudal cero. En este caso se fuerza el caudal de paso a un valor de 10^6 pies³/seg ($2.8316 \cdot 10^{-8}$ m³/seg), lo que se puede considerar como un caudal nulo que representa el cierre de la bomba. Ésta se pondrá en marcha de nuevo cuando dejen de darse altas demandas, siendo entonces el caudal de paso el que se obtiene al entrar en la curva característica de la bomba con la altura requerida en el nuevo intervalo.

10.4.3. Válvulas y Accesorios

Las válvulas abiertas se consideran como tuberías lisas (con factor de fricción f igual a 0.02) de longitud igual a dos veces su diámetro.

En el caso de válvulas cerradas se aplica la siguiente formulación lineal:

$$h = 10^8 Q \quad (4.6)$$

Las pérdidas localizadas en válvulas activas y accesorios se evalúan como el producto de la altura cinética multiplicada por un coeficiente de pérdidas K , en la forma:

$$h = K \left(\frac{v^2}{2g} \right) \text{ o bien } h = \left(\frac{8K}{\pi^2 g D^4} \right) Q^2 \quad (4.7.a.)$$

donde:

K : coeficiente de pérdidas menores

v : velocidad del flujo

g : aceleración de la gravedad

D : diámetro del elemento

Q : caudal circulante

EPANET calcula las pérdidas con la expresión en función del caudal, de la siguiente manera:

$$h = \frac{0.02517}{D^4} Q^2 \quad (4.7.b.)$$

En unidades del sistema internacional el coeficiente numérico 0.02517 se transforma en 0.08262.

En la tabla 4.3. se listan los valores de K para algunos de los accesorios más comunes. Estos valores son sólo aproximados, ya que K depende de la geometría del accesorio, de Re y, en ocasiones, de las condiciones de flujo.

ACCESORIO	COEF. PÉRDIDAS
Válvula de Globo, todo abierta	10.0
Válvula de Ángulo, todo abierta	5.0
Válv. Retenc. Clapeta, todo abierta	2.5
Válvula Compuerta, todo abierta	0.2
Codo de radio pequeño	0.9
Codo de radio mediano	0.8
Codo de radio grande	0.6
Codo a 45°	0.4
Codo de retorno (180°)	2.2
Té Estándar – flujo recto	0.6
Té Estándar – flujo desviado	1.8
ACCESORIO	COEF. PÉRDIDAS
Entrada brusca	0.5
Salida brusca	1.0

Tabla 4.3. Coeficientes de Pérdidas menores.

Sin embargo existen válvulas especiales, cuya pérdida de carga no puede calcularse solamente en función del caudal, si no que intervienen otras variables, como son las alturas piezométricas aguas arriba y abajo. Se detallan a continuación las reglas lógicas de comportamiento de estos tipos de válvulas:

Válvula de Retención (VR): no es suficiente con establecer pérdidas negativas ($h < 0$) para determinar si la válvula debe estar cerrada, ya que debido a los límites de precisión numérica tienen lugar comportamientos cíclicos de la válvula. Para conseguir un comportamiento más robusto se introduce como factor determinante el caudal, además de la pérdida:

si $|h| > Htol$ entonces

si $h < -Htol$ entonces estado = CERRADA

si $Q < -Qtol$ entonces estado = CERRADA

si no estado = ABIERTA

si no

si $Q < -Qtol$ entonces estado = CERRADA

si no estado = sin cambios

donde:

$$Htol = 0,0005 \text{ pies} (0,0001524 \text{ m})$$

$$Qtol = 0,001 \text{ pies}^3/\text{s} (0,0000283 \text{ m}^3/\text{s})$$

Válvulas Reductoras de Presión (VRP): la lógica empleada para comprobar su estado es la siguiente:

Si estado actual = ACTIVA entonces:

si $Q < -Q_{tol}$ entonces nuevo estado = CERRADA

si $H_i < H_{set} + H_{ml} - H_{tol}$ entonces nuevo estado = ABIERTA

si no nuevo estado = ACTIVA

Si estado actual = ABIERTA entonces:

si $Q < -Q_{tol}$ entonces nuevo estado = CERRADA

si $H_i > H_{set} + H_{ml} + H_{tol}$ entonces nuevo estado = ACTIVA

si no nuevo estado = ABIERTA

Si estado actual = CERRADA entonces:

si $H_i > H_j + H_{tol}$

y $H_i < H_{set} - H_{tol}$ entonces nuevo estado = ABIERTA

si $H_i > H_j + H_{tol}$

y $H_j < H_{set} - H_{tol}$ entonces nuevo estado = ACTIVA

si no nuevo estado = CERRADA

donde:

Q : caudal actual a través de la válvula

H_i : altura aguas arriba

H_j : altura aguas abajo

H_{set} : presión de consigna

H_{ml} : pérdida menor a válvula abierta

Válvulas Sostenedoras de Presión (VSP): análogamente a las VRP tenemos:

Si estado actual = ACTIVA entonces:

si $Q < -Q_{tol}$ entonces nuevo estado= CERRADA

si $H_j > H_{set} + H_{ml} - H_{tol}$ entonces nuevo estado= ABIERTA

si no nuevo estado= ACTIVA

Si estado actual = ABIERTA entonces:

si $Q < -Q_{tol}$ entonces nuevo estado= CERRADA

si $H_j < H_{set} + H_{ml} + H_{tol}$ entonces nuevo estado= ACTIVA

si no nuevo estado= ABIERTA

Si estado actual = CERRADA entonces:

si $H_j < H_i + H_{tol}$

y $H_j > H_{set} - H_{tol}$ entonces nuevo estado = ABIERTA

si $H_j < H_i + H_{tol}$

y $H_i > H_{set} - H_{tol}$ entonces nuevo estado = ACTIVA

si no nuevo estado = CERRADA

Válvulas Limitadoras de Caudal: para este tipo de válvulas tenemos:

si $H_i < H_j$ entonces estado = CERRADA

si $Q < Q_{set}$ entonces estado = ABIERTA

si $Q > Q_{set}$ entonces estado = ACTIVA

10.4.4. Emisores

En emisores, las pérdidas de carga se calculan a través de la siguiente expresión, considerando al emisor como una tubería ficticia que une al nudo donde se encuentra el emisor con un embalse ficticio:

$$h = \left(\left(\frac{1}{C} \right) Q \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (4.8)$$

donde:

C: coeficiente de descarga del emisor

γ : exponente de la presión (próximo a 0.5)

El caudal de paso por la tubería ficticia será el descargado por el emisor, siendo la altura del embalse ficticio la cota del nudo.

10.5. PROCESO ANALÍTICO DE RESOLUCIÓN

EPANET aplica el método de iteraciones sucesivas conocido como *Método del Gradiente*, propuesto en 1987 por Todini y Pilati. Aúna técnicas basadas en métodos de optimización, así como técnicas basadas en el método de Newton-Raphson nodal. Comienza aplicando las técnicas de optimización, las cuales garantizan la existencia y unicidad de la solución minimizando la función objetivo, condiciones indispensables para que se produzca la convergencia posteriormente al utilizar las técnicas del método de Newton-Raphson. El problema es finalmente conducido a una solución algebraica mediante el proceso iterativo conocido como Algoritmo de Factorización Incompleta de Choleski / Gradiente Conjugado Modificado, cuyas siglas en inglés corresponden a ICF/MCG (Incomplete Choleski Factorization / Modified Conjugate Gradient).

Propone dos sistemas de ecuaciones, uno basado en las pérdidas de carga de los elementos de la red, y otro aplicando la ecuación de continuidad en nudos, de modo que en ambos casos, las incógnitas son los caudales circulantes.

El método de resolución del gradiente comienza estimando inicialmente el caudal que atraviesa cada tubería, sin necesidad de cumplir la ecuación de continuidad. Este caudal será el correspondiente a una velocidad de 1 pie/s (0,3048 m/s).

En cada iteración, el método calcula las alturas piezométricas en los nudos resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\mathbf{TH} = \mathbf{F} \quad (4.9)$$

donde:

T: matriz Jacobiana (n, n)

H: vector de incógnitas nodales ($n, 1$)

F: vector de términos independientes ($n, 1$)

Los elementos de la diagonal principal de la matriz jacobiana vienen dados por:

$$T_{ii} = \sum_j p_{ij} \quad (4.10)$$

Los elementos no nulos que quedan fuera de la diagonal principal por:

$$T_{ij} = -p_{ij} \quad (4.11)$$

Donde p_{ij} es la inversa de la derivada respecto al caudal, de la pérdida de carga en la línea que va del nudo i al j :

$$p_{ij} = \frac{1}{BA|Q_{ij}|^{B-1} + 2m|Q_{ij}|} \quad (4.12)$$

donde:

A : coeficiente de resistencia

B : exponente de caudal

m : coeficiente de pérdidas menores

y para bombas:

$$p_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega} \right)^{n-1}} \quad (4.13)$$

donde:

n y r : parámetros de la curva de la bomba

Los términos independientes son la suma del caudal residual no equilibrado en el nudo más el factor de corrección y_{ij} según la siguiente expresión:

$$F_i = \left(\sum_j Q_{ij} - D_i \right) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_f \quad (4.14)$$

Donde f es un nudo de altura conocida.

El factor de corrección del caudal se calcula en tuberías como:

$$y_{ij} = p_{ij} \left(A |Q_{ij}|^B + m |Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij}) \quad (4.15)$$

La función $\text{sgn}(Q_{ij})$ vale 1 cuando el caudal circula del nudo i al j y negativo en caso contrario.

En bombas el factor de corrección es de la forma:

$$y_{ij} = -p_{ij} \omega^2 \left(h_0 - r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega} \right)^n \right) \quad (4.16)$$

Una vez que se ha resuelto el sistema matricial obteniéndose las alturas, los nuevos caudales se calculan como:

$$Q_{ij} = Q_{ij} - (y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_j)) \quad (4.17)$$

Si la suma, extendida a todas las líneas, del valor absoluto de la variación del caudal respecto al caudal total de cada línea es mayor que una cierta tolerancia se calcula de nuevo el sistema matricial.

Sin embargo, la mayoría de las veces la simulación tendrá lugar en periodo extendido, es decir, a lo largo de un cierto periodo de tiempo. En este caso EPANET tiene en cuenta una serie de consideraciones:

- ❖ Una vez que se ha solucionado el modelo para el instante actual, el incremento de tiempo adoptado para avanzar al instante siguiente será el mínimo entre los siguientes:
 - el instante en que comienza un nuevo periodo de demanda
 - el menor intervalo de tiempo que hace que se llene o vacíe algún depósito
 - el menor intervalo de tiempo en el que tiene lugar el cambio de estado de una línea
 - el próximo instante en el que debe actuar algunas de las leyes de control reguladas por tiempo o produzcan un cambio en la red.

Para calcular el instante en el que se alcanza un determinado nivel en un depósito, se supone que éste evoluciona linealmente según los caudales entrantes o salientes.

- ❖ El instante de reactivación de las leyes de control basadas en reglas, se determina del siguiente modo:
 - las reglas se analizan a intervalos de tiempo fijos, cuyo valor por defecto es 1/10 del intervalo de cálculo hidráulico.

- según este intervalo de tiempo, se actualizan la hora de la simulación y los niveles de agua en los depósitos.
- las actuaciones derivadas del cumplimiento de reglas se añaden a una lista, prevaleciendo la actuación de prioridad más alta, o bien la que ya estaba en la lista.
- si como consecuencia de dichas actuaciones el estado de una o más líneas cambia, se obtiene una nueva solución.
- una vez determinado el intervalo de avance, se actualiza el tiempo de la simulación, se calculan las nuevas demandas, se ajustan los niveles en los depósitos y se verifican las reglas de control.
- finalmente se desencadena un nuevo proceso iterativo para resolver el sistema de ecuaciones, partiendo de los caudales actuales.

Una vez que se conocen las posibilidades y limitaciones de EPANET en la modelización hidráulica de redes de abastecimiento se procede, en los siguientes capítulos, a afrontar distintas situaciones, tanto reales como ficticias, mediante esta herramienta.

XI. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

A continuación se presenta un análisis de los efectos posibles que podrían incidir de forma directa en el medio ambiente de la Ciudad de Nandaime al llevarse a cabo el proyecto de rediseño del sistema de agua potable de esta ciudad.

Mediante la proyección de consecuencias potenciales al medio natural, la evaluación de impacto ambiental es un elemento fundamental para predecir y valorar las secuelas que generarán las obras y tareas de construcción, operación y mantenimiento del sistema de abastecimiento de agua de la alternativa seleccionada; permitiendo así determinar medidas que eviten afectar el entorno y principalmente la calidad de vida de los pobladores de la Ciudad de Nandaime.

La magnitud del impacto ambiental que el rediseño del sistema de agua potable provocara en la Ciudad de Nandaime será estimado en cada una de las actividades del proyecto tanto en la Etapa de Construcción como en la Etapa de Operación.

11.1 OBJETIVOS:

- Anticipar y evaluar los posibles daños que pudiese generar el proyecto de rediseño de agua potable en el ambiente y población de la Ciudad de Nandaime.
- Definir la categoría ambiental a la que pertenece dicho proyecto para incorporar las medidas de mitigación adecuadas.

11.2 ACTIVIDADES A REALIZARSE EN EL PROYECTO:

Pozos:

- ✧ Trabajos preliminares (limpieza y descapote)
- ✧ Trabajos de mejoramiento de caminos a la fuente de agua
- ✧ Perforación y acabado del pozo
- ✧ Funcionamiento del Pozo

Acueductos (Redes, Tanques, Conexiones y protección):

- ✧ Trabajos preliminares (limpieza y descapote)
- ✧ Trabajos de construcción de redes, depósitos, conexiones y obras de protección
- ✧ Funcionamiento del sistema

11.3 CATEGORÍA AMBIENTAL DEL PROYECTO:

Es necesario definir la condición ambiental al que pertenece el proyecto, con la finalidad de determinar los procedimientos ambientales a seguir.

Tabla 9.3.1 Categorización ambiental de los proyectos a finanziarse a través del Programa de Agua y Saneamiento Rural		CATEGORÍA				
SUB SECTOR	TIPO DE PROYECTO	I	II	III	IV	V
FORESTAL	Reforestación				X	
AGUA POTABLE URBANA	Ampliación de Sistema de Agua Potable				X	
AGUA POTABLE URBANA	Construcción de Sistemas de Agua Potable				X	
AGUA POTABLE URBANA	Mejoramiento de Sistema de Agua Potable				X	
AGUA POTABLE URBANA	Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable				X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Ampliación de Miniacueductos				X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Captación de Manantial				X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Letrinas				X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Miniacueductos				X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Pozos (Escavado a mano y perforados)				X	

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Sistemas de Agua Potable			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Soluciones de Agua			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Construcción de Soluciones de Saneamiento			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Mejoramiento de Miniacueductos			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Rehabilitación de Miniacueductos			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Rehabilitación de Pozos			X	
AGUA Y SANEAMIENTO RURAL	Rehabilitación de Sistemas de Agua Potable			X	

Fuente.- Clasificación Ambiental de proyectos establecida en el SISGA-FISE según el Decreto 76-2006

El Proyecto de Rediseño del sistema de agua potable para la Ciudad de Nandaime se encuentra dentro de la categoría IV, cuyo criterio para la evaluación ambiental según lo establece el SISGA-FISE agrupa algunos tipos de proyectos del Sistema de Inversión Pública que no están sujetos a los procedimientos ambientales de Ley y que por su incidencia ambiental deberían llevar durante su ciclo de vida un conjunto de instrumentos ambientales que incluyen:

- Evaluación del emplazamiento.

- Análisis ambiental.
- Evaluación ambiental.
- Seguimiento y monitoreo.

La mayor parte de los proyectos de Agua y Saneamiento Rural se incluyen en esta Categoría IV; debido a esto, cuando el proyecto sea Categoría IV y/o V se aplicarán los instrumentos ambientales del SISGA-FISE.

11.4 IDENTIFICACION DE IMPACTOS:

A continuación se presenta un análisis del efecto que tendrá cada una de las actividades de dicho proyecto y que medida podrá tomarse para amortiguar el impacto.

11.4.1 POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACION EN LA PERFORACION DE POZOS:

Tabla 9.4.1.1 Potenciales Impactos Ambientales Y Medidas De Mitigación			
TIPO DE PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACION
POZO PERFORADO	Trabajos preliminares (limpieza y descapote)	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra.
		Producción de desechos orgánicos e inorgánicos	Selección del sitio receptor de los desechos. Recolección, transporte y disposición de los desechos.
	Trabajos de mejoramiento de caminos a la fuente de agua (incluye bancos de	Producción de ruidos	Coordinación de horarios.
		Riesgo de inestabilidad de taludes	Proporcionar el corte de taludes acorde al ángulo de reposo.

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

	préstamos si fuera necesario)	Riesgo de inundación o alteración régimen hidrológico en banco de préstamo	Mantener adecuado drenaje en banco de préstamos.
		Riesgo de contaminación grasas y combustibles	Selección de sitios para mantenimiento de la maquinaria y recolectar residuos grasas y combustibles.
		Possible aumento de arrastre de sedimentos y erosión	Mantener adecuada compactación y protección contra el arrastre de materiales.
		Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada	Reparación de daños causados a la propiedad pública y/o privada.
Excavación y acabado del pozo		Riesgo de accidentes	Colocación de señales preventivas. Restricción de accesos.
		Riesgo de derrumbes	Construcción de refuerzos de protección.
		Mala calidad de las aguas	Desinfección inicial.
		Producción de desechos	Recolección y transporte de sobrantes en sitios adecuados.
		Producción de ruidos	Selección de horarios.
		Riesgo de	Selección de sitios para

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

		contaminación grasas y combustibles	mantenimiento de la maquinaria y recolectar residuos grasas y combustibles.
		Riesgo de inundaciones	Disminución de agua Obras de drenaje pluvial a lo externo del proyecto (canal de desagüe en los límites del área del proyecto).
	Funcionamiento del pozo	Riesgo de contaminación por falta de higiene en la manipulación	Colocación de señales preventivas. Restricción de accesos a las fuentes. Especificaciones técnicas de protección. Adecuado drenaje.
		Deterioro del servicio ante deficiencias de funcionamiento del comité de Agua potable lo que afecta la sostenibilidad del proyecto	Velar por adecuado funcionamiento del comité de agua. Capacitación y reglamentos.
		Reducción del % de beneficiarios del proyecto calculados en el diseño	

11.4.2 POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES Y MEDIDAS DE MITIGACION EN LAS REDES, TANQUE, CONEXIONES Y OBRAS DE PROTECCION:

Tabla 9.4.2.1 Potenciales Impactos Ambientales Y Medidas De Mitigación			
TIPO DE PROYECTO	ACCIONES IMPACTANTES	EFFECTOS	MEDIDAS DE MITIGACION
ACUEDUCTOS (Redes, Tanques, Conexiones y protección)	Trabajos preliminares (limpieza y descapote)	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra.
		Producción de desechos orgánicos e inorgánicos	Selección del sitio receptor de los desechos. Recolección, transporte y disposición de los desechos.
	Trabajos de construcción de redes, depósitos, conexiones y obras de protección	Producción de polvo	Humedecimiento de la tierra.
		Producción de ruidos	Coordinación de horarios.
		Riesgo de inestabilidad de tierras en zanjas	Proporcionar el corte de taludes acorde al ángulo de reposo.
		Trazados vulnerables a deslizamientos	Selección de alternativas de trazado según vulnerabilidad del sitio.
		Producción de excretas	Construcción de letrinas provisionales.
		Riesgo de daño a la infraestructura pública o privada	Reparación de daños causados a la propiedad pública y/o privada.
	Funcionamiento del	Riesgo de	Cercado del sitio, protección

sistema	accidentes	de redes y depósitos.
	Riesgo de contaminación	Control sanitario.
	Deterioro del servicio ante deficiencias de funcionamiento del comité de Agua potable lo que afecta la sostenibilidad del proyecto	Velar por adecuado funcionamiento del comité de agua. Capacitación y reglamentos.
	Reducción del % de beneficiarios del proyecto calculados en el diseño	

11.5 MARCO LEGAL APLICABLE:

La gestión ambiental y el uso sostenible de los recursos Naturales en Nicaragua están regidos por Normas, leyes y criterios jurídicos, obteniendo así un progreso bastante sostenible como país.

Dentro de la legislación que nos regula encontramos:

- ✧ Ley No. 217: Ley General del Medio ambiente y los recursos naturales.
- ✧ Ley No. 620: Ley general de aguas Nacionales.

- ✧ NTON 09 006 – 11:Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense
- ✧ Decreto No. 45-94: Reglamento de permiso y Evaluación de impacto ambiental.
- ✧ Marco Ambiental Del Programa De Agua Y Saneamiento Rural Del Nuevo Fise.

XII. CONCLUSIONES

- ✧ La proyección de la población de la ciudad de Nandaime se realizó utilizando un porcentaje de 3.25%, tomando en cuenta la mayor tasa de crecimiento poblacional del municipio.
- ✧ Se estima para la población futura un consumo máximo día de 215.31Lt/seg, donde el rendimiento de la fuente deberá ser de 48 Lt/seg por cada pozo.
- ✧ La población de la ciudad de Nandaime se abastece con agua subterránea que es extraída de la cuenca que lleva el mismo nombre, la cual tiene una calidad muy buena para consumo humano. La profundidad del agua subterránea en los pozos actuales está estimada entre 128 pies en el sector de Monte Grande y 35 pies en el sector del pozo Monseñor Vélez.
- ✧ La ciudad de Nandaime cuenta con un sistema de agua potable abastecido actualmente por 3 pozos (el trillo, monte grande y monseñor Vélez). De estos el pozo el trillo ha sobrepasado su vida útil; y el pozo monseñor Vélez se encuentra ubicado en una zona donde corre el riesgo de contaminarse a causa de las aguas grises generadas por la población que no cuenta con el sistema de alcantarillado aun, y la cual se asienta cada vez más cerca del pozo.
- ✧ Se propone la creación de 3 nuevos pozos perforados, donde el Pozo Monte grande I quedara cercano al Pozo Monte Grande II.
- ✧ Se hará uso de los tanques existentes en el sector de Javier Guerra y Monte Grande I, como complemento de los nuevos depósitos de almacenamiento a construirse.

- ❖ La propuesta de nuevas tuberías se da debido a que las tuberías de agua potable en la ciudad de Nandaime se encuentran muy deterioradas por el paso de los años y debido a esto la ruptura de estas es muy frecuente, provocando pérdidas en el sistema.

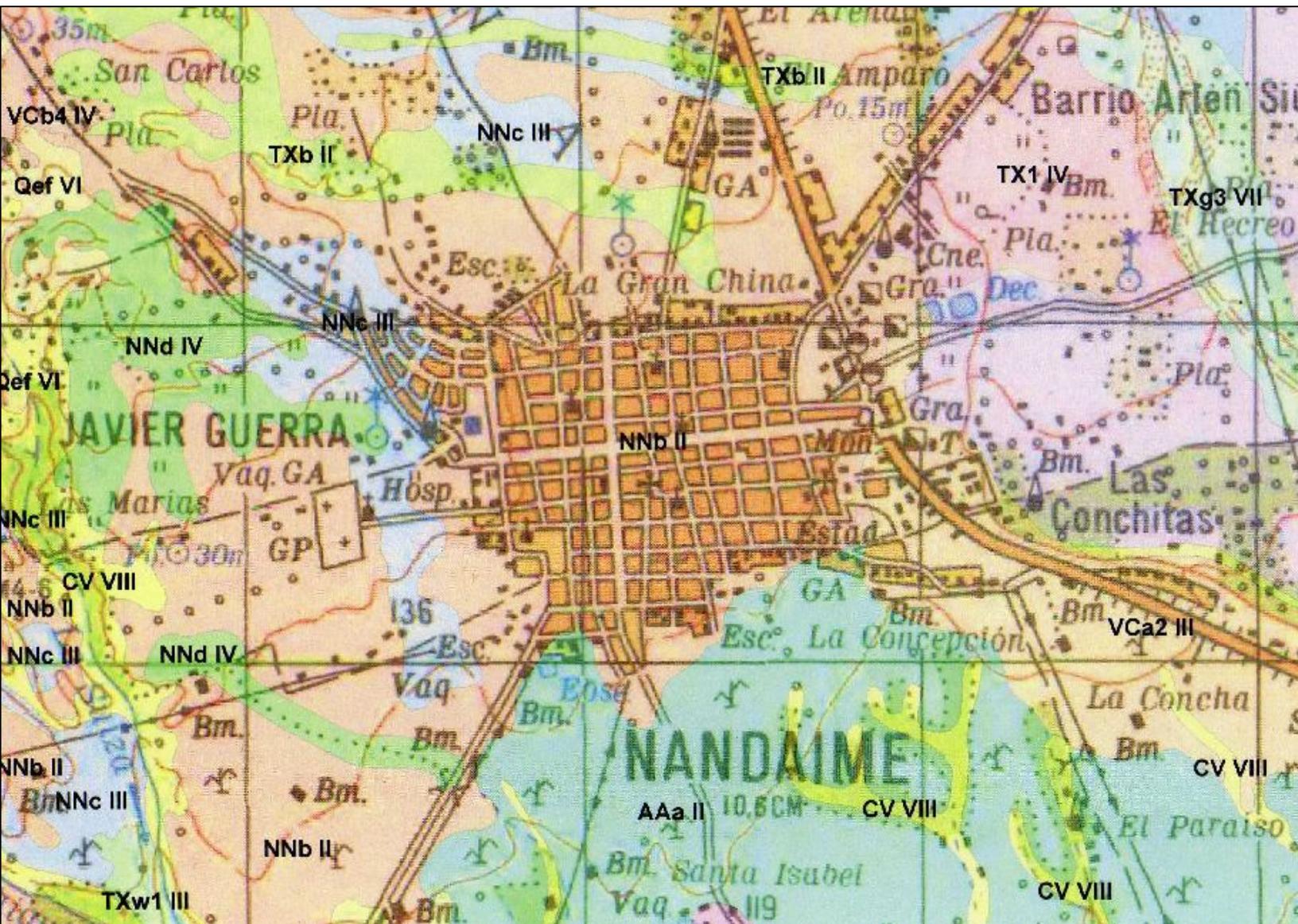
XIII. RECOMENDACIONES

- ✧ Los pozos Monte grande I y II deberán contar con una perímetro de protección mínimo de 500mts.
- ✧ Al finalizar la construcción de los nuevos pozos (El Trillo, Monte Grande I y Monte Grande II) es necesario cerrar por completo los pozos que abastecen actualmente el sistema de agua potable de la Ciudad de Nandaime, teniendo presente lo que estipula la NTON 09006-11(Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense) en el acápite 8.5.
- ✧ A pesar que el pozo Monte Grande aun no sobrepasa su vida útil, es necesario cerrarlo, ya que está cerca de su límite. Además que se brindaría un excelente servicio con un sistema totalmente nuevo, es decir, en óptimas condiciones.
- ✧ Brindar un mantenimiento constante al nuevo sistema para evitar problemas de rotura en las tuberías, y a su vez evitar las pérdidas que puedan presentarse en el sistema a causa de esto.
- ✧ Debido a la topografía los niveles de velocidades en las redes de distribución no cumplen con los estándares establecidos en las Normas Técnicas para el Diseño de Abastecimiento y potabilización del Agua (NTON 09 003-99), se recomienda el aumento de las profundidades de cobertura de las tuberías.
- ✧ Apresurar el proyecto de diseño de alcantarillado sanitario, ya que mientras más tiempo pase y la población no cuente con este beneficio sanitario, las fuentes estarán en peligro de contaminación.

- ❖ Evaluar cada medida de mitigación del estudio de impacto ambiental ante los impactos que se generaran al llevar a cabo esta obra.

ANEXOS

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031



Fuente: INETER

MAPA 1. Clasificación De Suelos De Nandaime.

14.1 LEYENDA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE NANDAIME

79. SERIE NANDAIME (NN)

Suelos profundos, bien drenados, levemente permeables, pardo oscuro a pardo rojizo oscuro, que se han derivado en gran parte de aluviales lavados de las tierras altas cubiertas de cenizas, la mayoría de los suelos se encuentran en las planicies ligeramente onduladas a fuertemente onduladas al sur oeste de Nandaime.

Perfil representativo de Nandaime franco arcilloso limoso:

0 a 11	Pardo oscuro, franco arcilloso limoso, estructura granular fina, abundantes raíces, medianamente ácidos. Límite abrupto y uniforme
11 a 22	Pardo rojizo oscuro, arcillo limoso firme, estructura de bloques subangulares, fuertes, frecuentes raíces finas, medianamente ácido
22 a 55	Pardo rojizo oscuro, arcillo limoso firme, estructura de bloques subangulares, fuertes pocas raíces finas, medianamente ácidos
55 a 78	Pardo rojizo oscuro, franco arcillo limoso, estructura de bloques subangulares, moderadamente fuertes, pocas raíces, medianamente ácidos
78 a 94	Pardo rojizo, franco arcilloso friable, estructura de bloques subangulares, débiles, pocas raíces muy finas, medianamente ácidos
94 a 130	Pardo a pardo oscuro, franco arcilloso moteado con pardo olivo claro, gradúa hacia un franco arcilloso limoso a profundidades mayores de 113 cm, muy masivo, muy pocas raíces, fuertemente ácido
130 a 150	Pardo oscuro, franco moteado con pardo olivo y pardo olivo claro, masivo, muy pocas raíces, fuertemente ácidos
+ 150 cm	Toba meteorizada

Humedad disponible moderada, zona radicular profunda, contenido de materia orgánica moderadamente en el horizonte superficial y en la parte inferior del subsuelo, alta saturación de base, potasio medio y niveles bajos de fósforo de acuerdo con los datos analíticos, el contenido de fósforo en el perfil típico descrito anteriormente, fue de 1% o menos a profundidades mayores de

36 cm, se encuentran en la zona de vida bosque subtropical, transición a subhúmedo, son usados principalmente para pasto, arroz, algodón, maíz, sorgo y caña de azúcar.

(NNa) Nandaime franco arcilloso limoso de 0% - 4% de pendiente

Pendientes casi planas, extensión de 0.42 km², en 1969 el 75% pasto, 25% maíz, escurrimiento superficial lento y al mayoría está levemente erosionado, es apto para maíz, algodón y sorgo y es moderadamente apto para la mayoría de los otros cultivos de surco pero pobre para banano, requiere prácticas simples de conservación, cultivo en contorno, incorporación de rastrojos, los sistemas de terrazas es necesario donde las pendientes exceden al 1% (unidad de capacidad Ile – 4.1).

(NNb) Nandaime franco arcilloso limoso de 1.5% - 4% de pendiente

Pendiente ligeramente inclinadas, tiene una extensión de 15.21 km², en 1969 el 355 estaba con pasto, 25% maíz, sorgo, 20% algodón, 8% arroz de riego, 7% caña de azúcar, 5% bosque, escurrimiento superficial es medio y la mayoría del suelo está de leve a moderadamente erosionado, es apto para la mayoría de los cultivos y requiere prácticas especiales de conservación pero se necesita un sistema de terrazas para cultivos anuales de surco (unidad de capacidad Ile- 4.1)

(NNc) Nandaime arcillo limoso de 4% - 8% de pendiente

Pendientes ligeramente inclinadas, extensión de 5.67 km², en 1969 el 85% estaba con pasto, 15% maíz, sorgo, escurrimiento superficial es medio y el suelo está moderadamente erosionado, es apto para la mayoría de los cultivos igual que los suelos que se encuentran en pendientes casi planas, pero requieren prácticas complejas de conservación cuando se siembran cultivos anuales de surco, estas prácticas incluyen un sistema de terrazas con desagües empastados o revestidos y el uso de cultivos de coberturas y abono verde (unidad de capacidad IIle- 4.1)

(NNd) Nandaime franco arcilloso limoso de 8% - 15% de pendiente

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

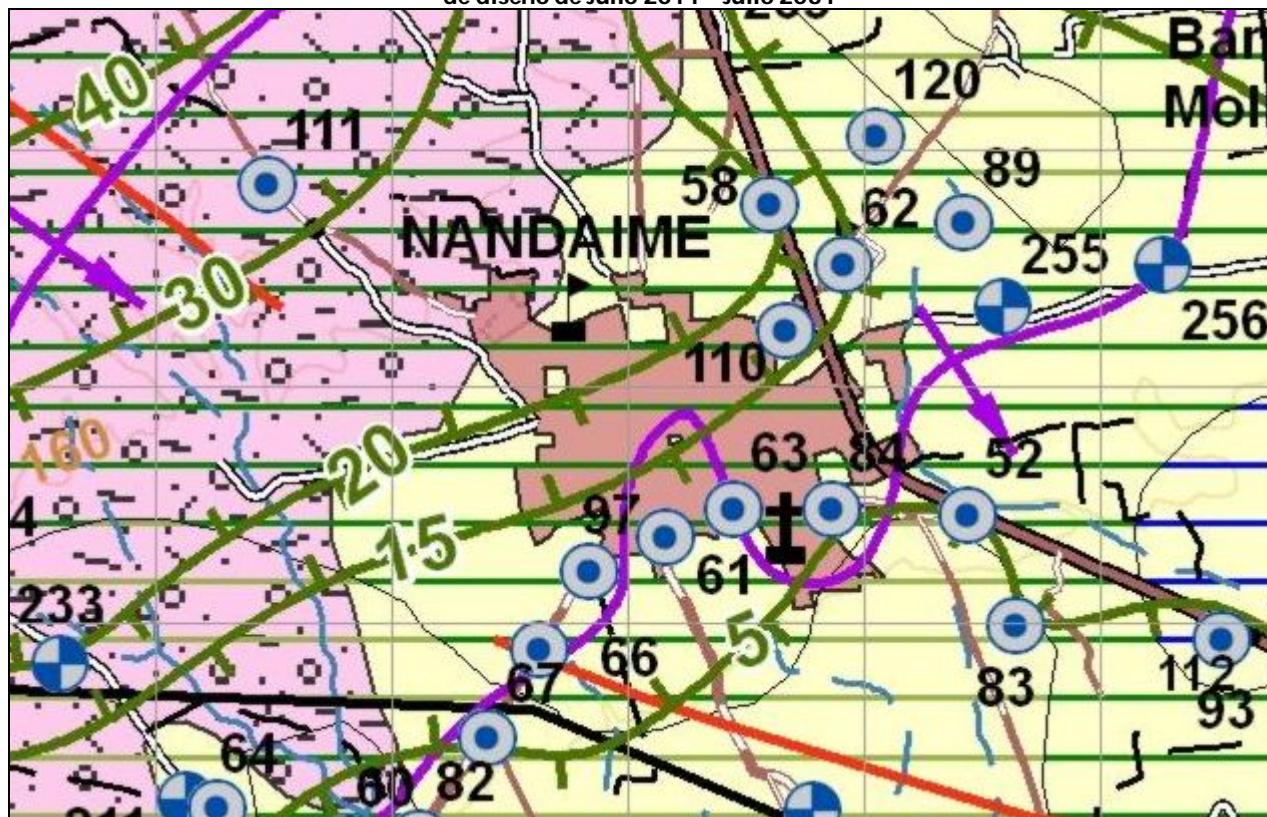
Pendientes fuertemente inclinadas, extensión de 3.25 km², en 1969 el 85% estaba con pasto, 15% bosque, escurrimiento superficial es rápido y el suelo está moderadamente erosionado, debido al alto riesgo de erosión, el suelo es recomendado para pasto y bosque, y es pobremente adaptado parar árboles frutales (unidad de capacidad IVe – 4.1).

(NNe) Nandaime franco arcilloso de 15% - 30% de pendiente.

Pendiente moderada escarpada, tiene una extensión total de 1.47 km² y se encuentra en áreas pequeñas al sureste de Nandaime, es apto para pastos y bosque y actualmente está con pasto (unidad de capacidad Vle – 1.2).

(FUENTE: Volumen i. Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Parte 2. Descripción de Suelos. Catastro e inventario de Recursos Naturales de Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Departamento de Suelos y Dasonomía. Octubre 1971. Fotomapla 2951 – II – D)

14. 2 HIDROGEOLOGIA DEL ACUIFERO DE NANDAIME



Fuente: INETER

FIGURA 1. Hidrogeología Del Acuífero De Nandaime

LEYENDA

1.0 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	ESPESOR (M)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Reciente	10	Q Qr Qv Qal, Qal2 Qvi	Arcilla semiplástica Limo arcilloso Bolones de lava andesítica Arena limosa gruesas a fina Volcánico lava	Acuífero semi permeable Acuífero semi permeable Acuífero permeable matriz limo arenosa Acuífero permeabilidad alta Acuífero permeabilidad media
		Pleistoceno		Tops	Las Sierras sedimentos piroclásticos volcánicos	Acuífero muy poroso, muy buena permeabilidad
	Terciario	Plioceno	200	Teb	Margas granvacas y arenisca calcárea	Acuífero de permeabilidad baja, es continuo en fracturamiento y disposición lahaar
		Mioceno	120	Kr	Areniscas, margas limonitas y conglomerados	Trasmisión baja o muy baja, ocurre en fracturas y en disposición lahaar

2.0 FALAS Y FRACTURAS

— Falla mayor ····· Falla cubierta — Fractura menor

3.0 SIMBOLOGÍA HIDROGEOLÓGICA

— Piezometría del agua subterránea (msnm)

— Dirección de flujo del agua subterránea

— Curva de profundidad del agua (m)

● 60-65 Rango de piezometría del acuífero (msnm)

● >10 Rango de profundidad del acuífero (m)

● 16 Pozo perforado de inventario

● 12 Pozo excavado de inventario

● 1 Manantial de inventario

● Cuenca hidrológica principal

A — A' Perfil hidrogeológico transversal

— Límite de dos medios hidrogeológicos

- - - Límite entre el acuífero y el lago

4.0 REPRESENTACIÓN DE LA TRANSMISIVIDAD (m²/día)

— T>=1000 Muy alta

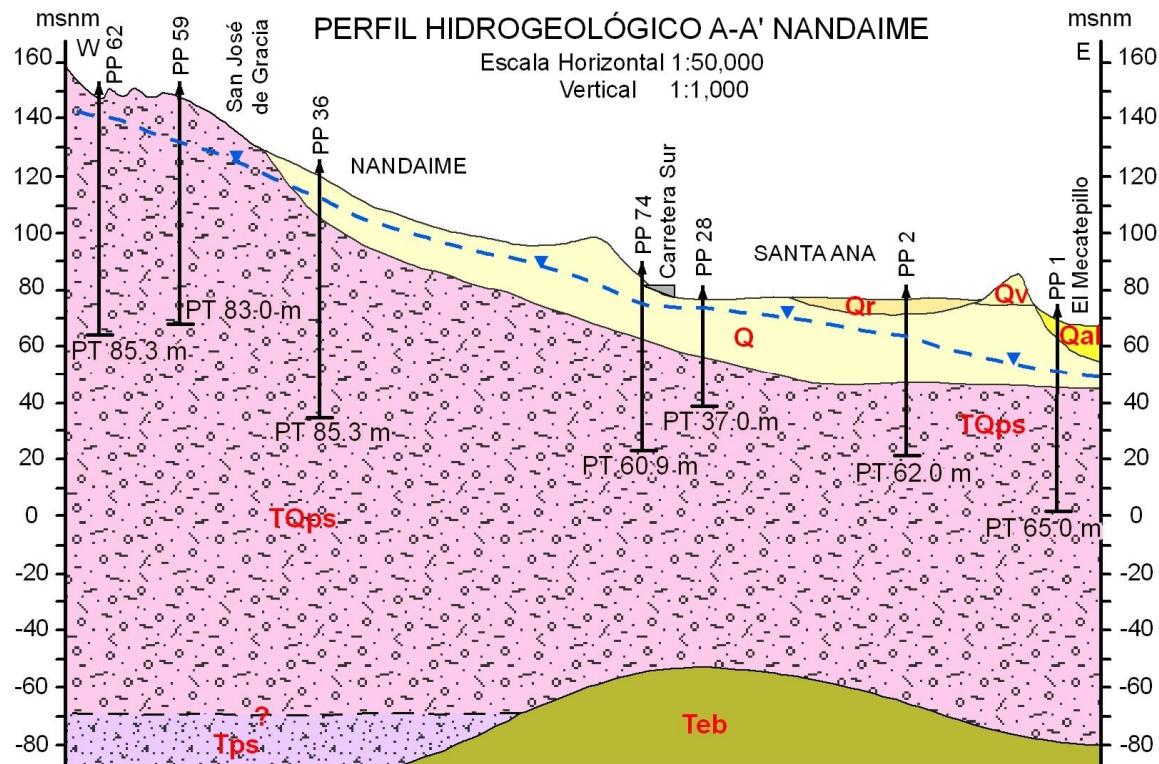
— 10<T<100 Baja

— 600<T<1000 Alta

— 1<T<100 Muy baja

— 100<T<600 Moderada

14.3 PERFIL HIDROGEOLÓGICO DE NANDAIME

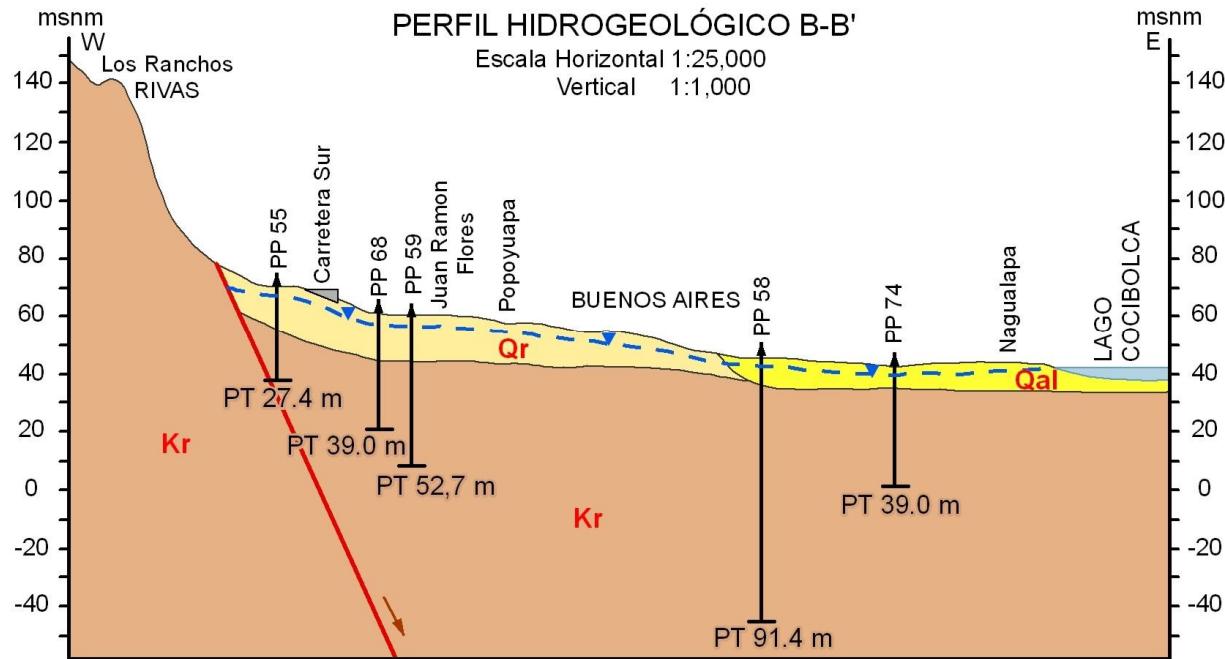


Fuente: INETER

LEYENDA

1.0 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	ESPESOR (M)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Reciente	10	Q Qr Qv Qal, Qal2 Qvl	Arcilla semiplástica Limo arcilloso Bolones de lava andesítica Arena limosa gruesas a fina Volcanico lava	Acuífero semi permeable Acuífero semi permeable Acuífero permeable matriz limo arenosa Acuífero permeabilidad alta Acuífero permeabilidad media
		Pleistoceno	200	TQps	Las Sierras sedimentos piroclásticos volcánicos	Acuífero muy poroso, muy buena permeabilidad
		Plioceno				
	TERCIARIO	Mioceno	120	Teb	Margas granvacas y arenísca calcárea	Acuífero de permeabilidad baja, es continuo en fracturamiento y disposición lahaar
			1000	Kr	Areniscas, margas limonitas y conglomerados	Trasmisividad baja o muy baja, ocurre en fracturas y en disposición lahaar



Fuente: INETER

LEYENDA

1.0 CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO HIDROGEOLÓGICO

ERA	PERÍODO	ÉPOCA	ESPESOR (M)	LITOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS
CENOZOICA	CUATERNARIO	Reciente	10	Q Qr Qv Qal, Qal2 Qvl	Arcilla semiplástica Limo arcilloso Bolones de lava andesítica Arena limosa gruesas a fina Volcanico lava	Acuífero semi permeable Acuífero semi permeable Acuífero permeable matriz limo arenosa Acuífero permeabilidad alta Acuífero permeabilidad media
		Pleis-tocono	200	Qps	Las Sierras sedimentos piroclásticos volcánicos	Acuífero muy poroso, muy buena permeabilidad
	Terciario	Plioceno	120	Teb	Margas granvacas y arenísca calcarea	Acuífero de permeabilidad baja, es continuo en fracturamiento y disposición lahaar
		Mioceno	1000	Kr	Areniscas, margas limonitas y conglomerados	Trasmisión baja o muy baja, ocurre en fracturas y en disposición lahaar

14.4 RECONOCIMIENTO HIDROGEOLOGICO Y SELECCIÓN DE SITIOS DE PERFORACION DE POZOS EN NANDAIME, GRANADA

Realizado por Ing. Benjamín Berrios

Mangua, Nic. Agosto 2009.

Fuente: ENACAL

VII SELECCIÓN DE SITIOS DE FUTURA CONSTRUCCION DE POZOS

El agua subterránea será la fuente principal de abastecimiento de agua potable para la comunidad. Por tal razón de acuerdo a la factibilidad Técnico-Económica, las características Hidrogeológicas del área y cantidad de población beneficiada, se seleccionaron tres sitios para la construcción de pozos dados por orden de prioridad. (Ver fig. n° 4)

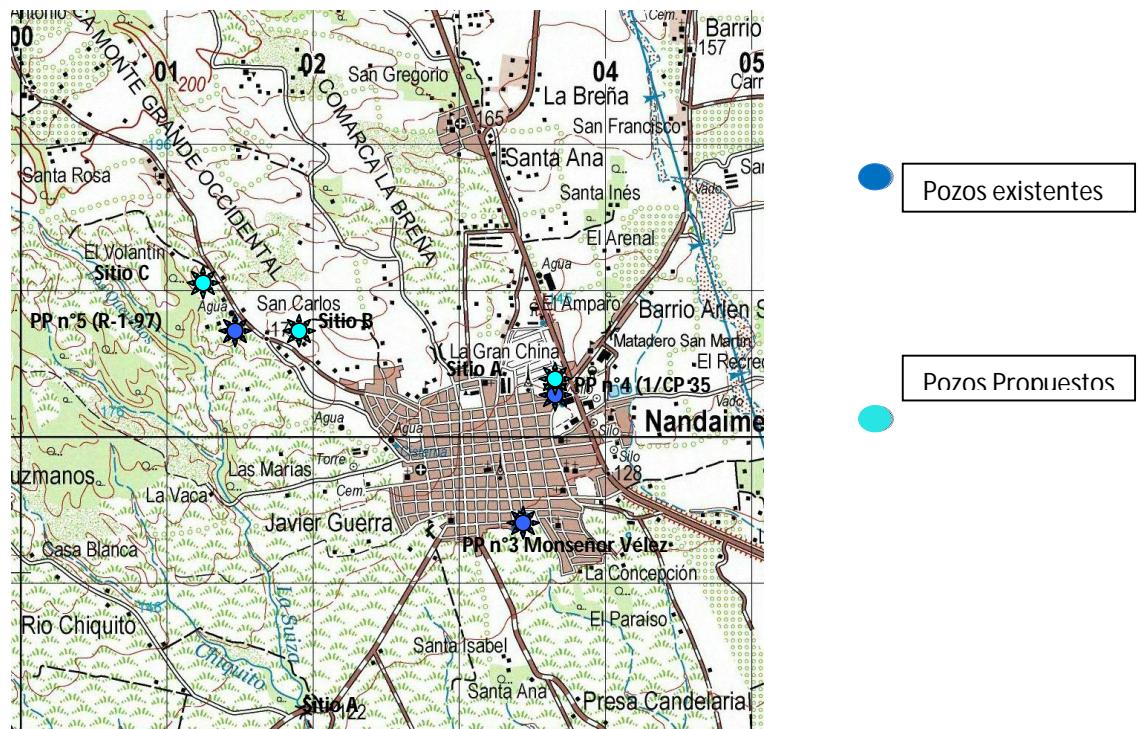
Debido a que al final de un periodo de 20 años (2030) habrá una demanda de agua de 158 (2,504 gpm); considerando que el pozo n° 3, Monseñor Vélez, tiene una ubicación desfavorable desde el punto de vista sanitario, cuenta con 37 años de edad y el pozo El Trillo sobrepaso su vida útil; se deberá construir al menos tres pozos, por lo que es conveniente ir planificando su construcción en los siguientes lugares:

Sitios Sector EL Trillo – Sitio A Consiste en la sustitución del pozo antiguo El Trillo en el mismo predio, coordenadas 1300.050 N; 603.685

Sitios Sector Monte Grande – Propuesto para perforación de pozos al Sureste y Noroeste del pozo existente conocido como Monte Grande **Sitio B** coordenadas 1300.463 N; 601.787 E; a 500 al Sureste del pozo existente **Sitio C** coordenadas 1301.028 N; 601.256 E; localizado a 400 metros al Noroeste del pozo existente. (Ver fig. 4)

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Fig. n° 4 Localización de pozos perforados y sitios propuestos de perforación de pozos.

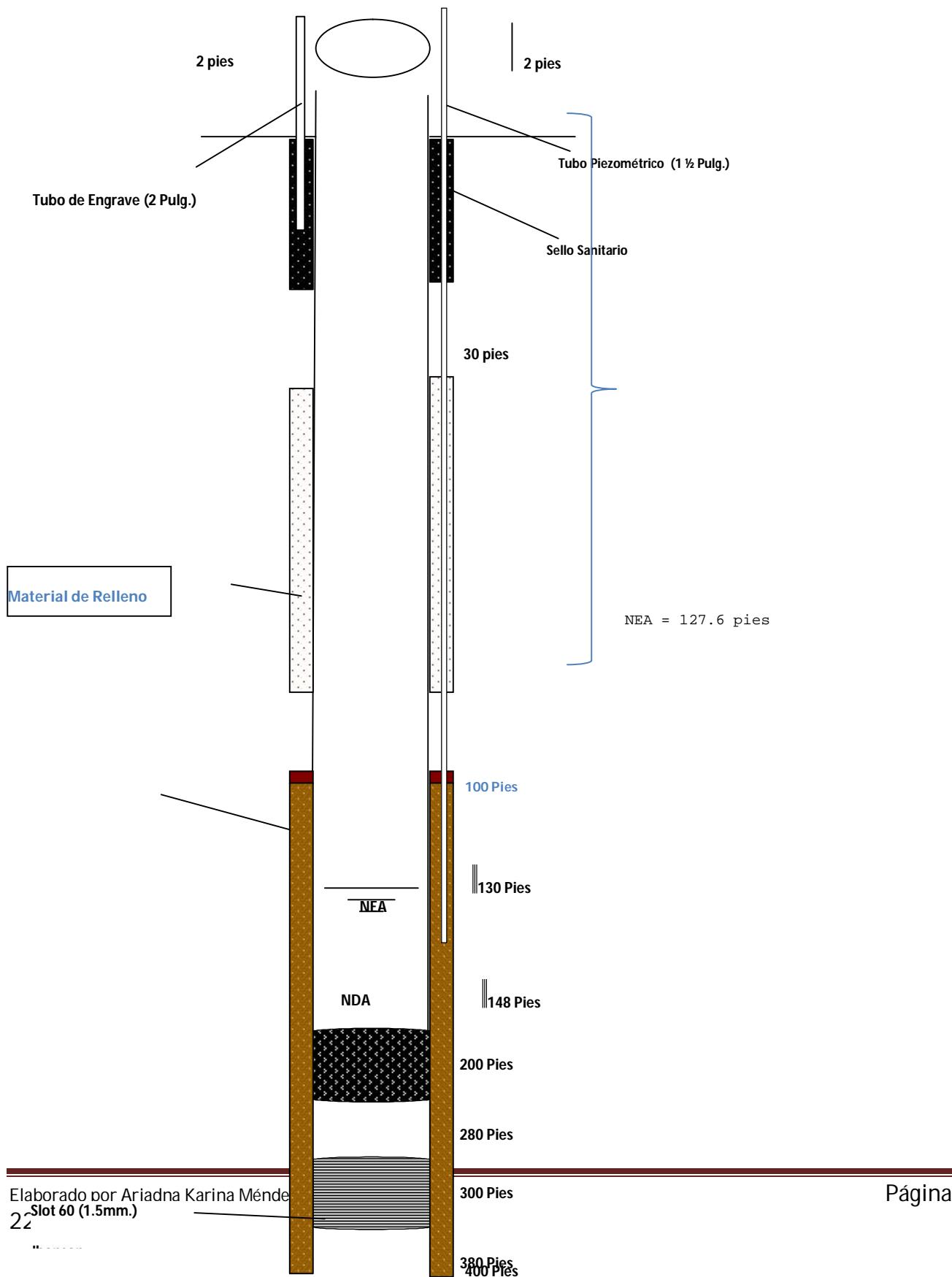


PROPOSICIÓN DE DISEÑOS DE POZOS:

de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

Diseño Preliminar Pozo Monte Grande I

$$Q = 585.76 \text{ GPM}$$



**Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo
de diseño de Julio 2011 – Julio 2031**



VARIACION = 152.4 pies

Rejilla Tipo Puente



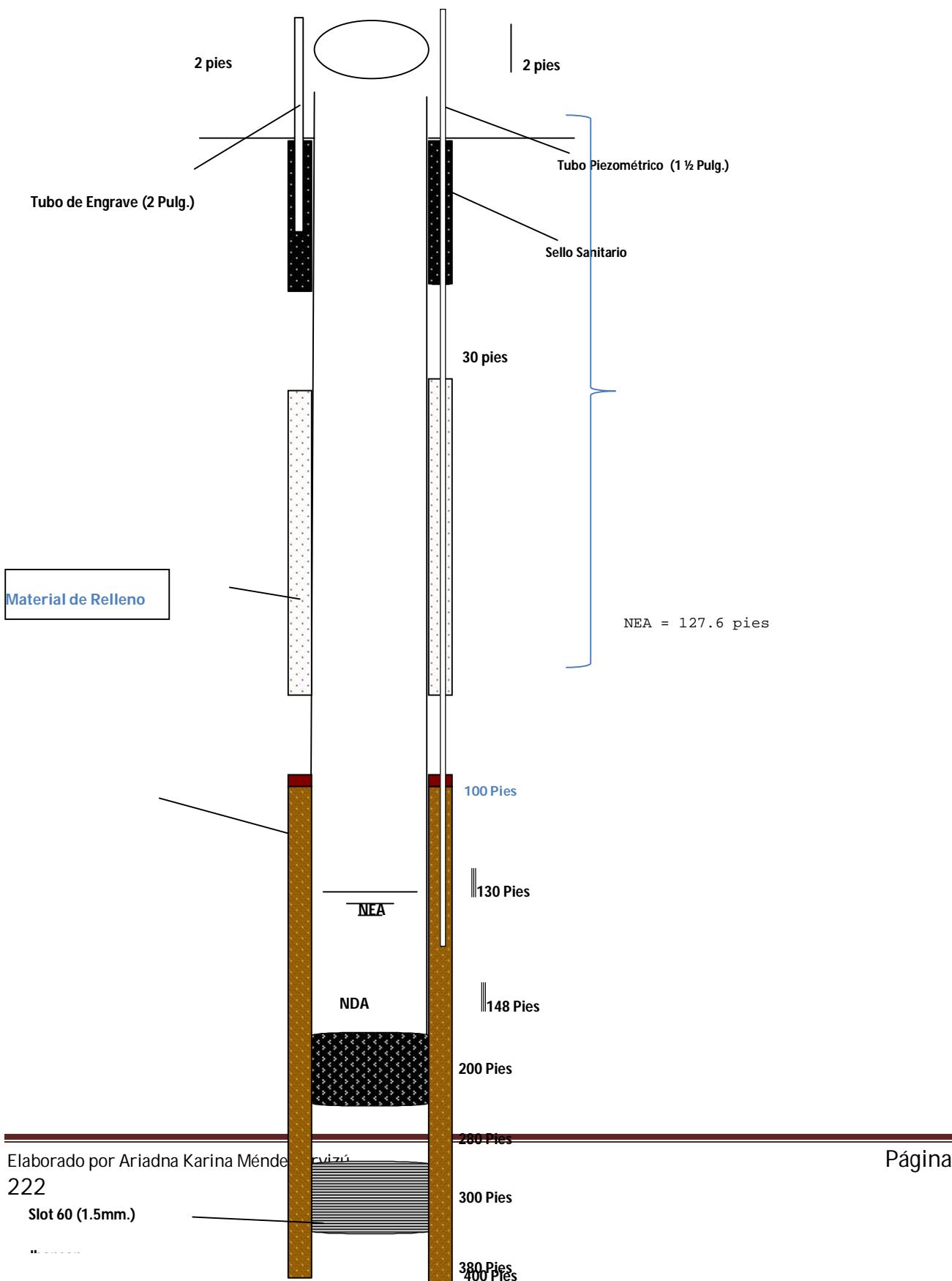
ABATIMIENTO = 100 pies



SUMERGENCIA = 20 pies

Diseño Preliminar Pozo Monte Grande II

$$Q = 762.80 \text{ GPM}$$





VARIACION = 152.4 pies

Rejilla Tipo Puente



ABATIMIENTO = 100 pies



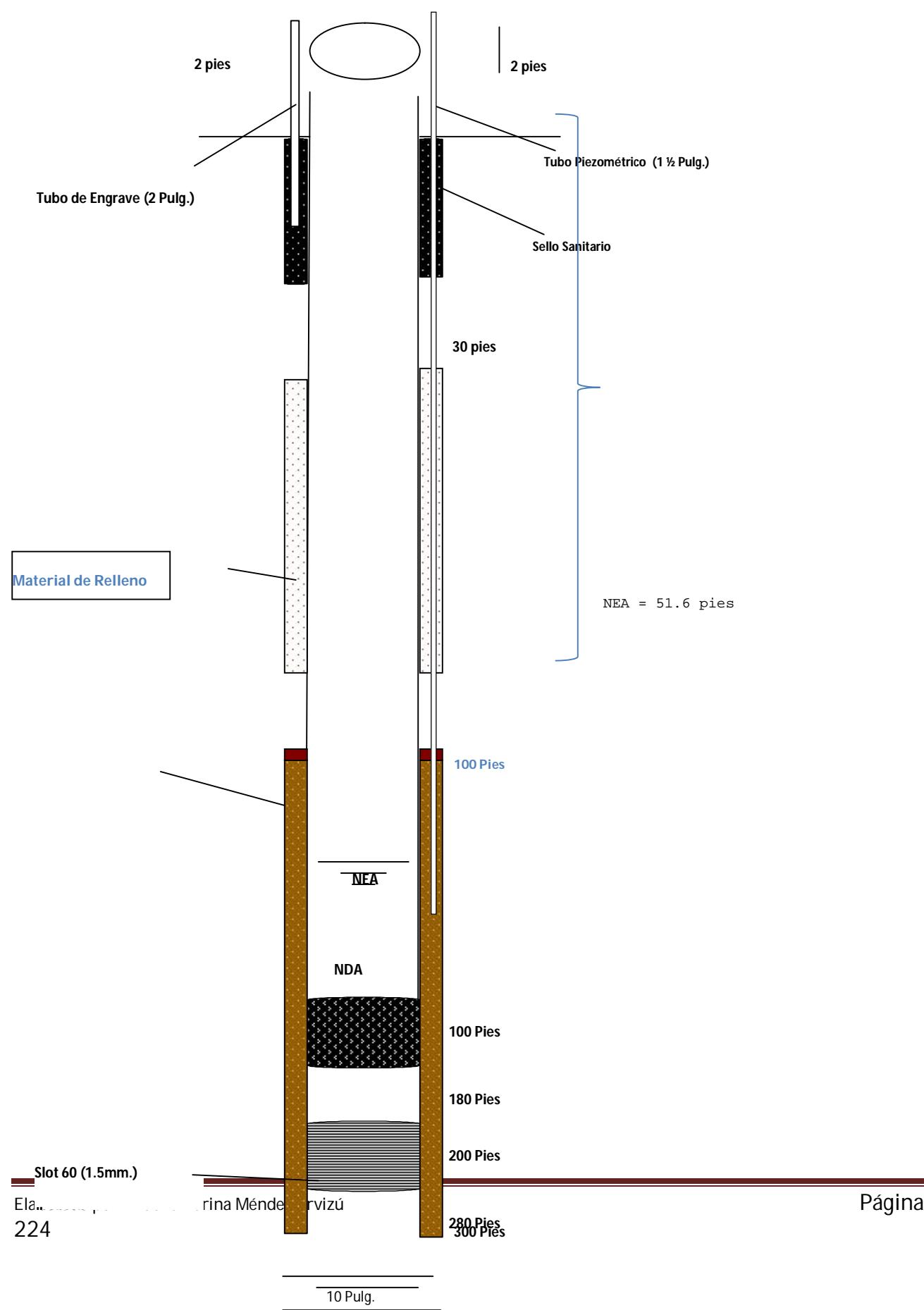
SUMERGENCIA = 20 pies

Diseño Preliminar Pozo El Trillo

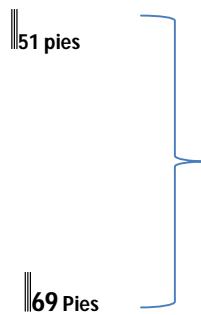
Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo

de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

$$Q = 945.36 \text{ GPM}$$



Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031



VARIACION = 128.4 pies

Puente



ABATIMIENTO = 100 pies



SUMERGENCIA = 20 pies

12 Pulg.

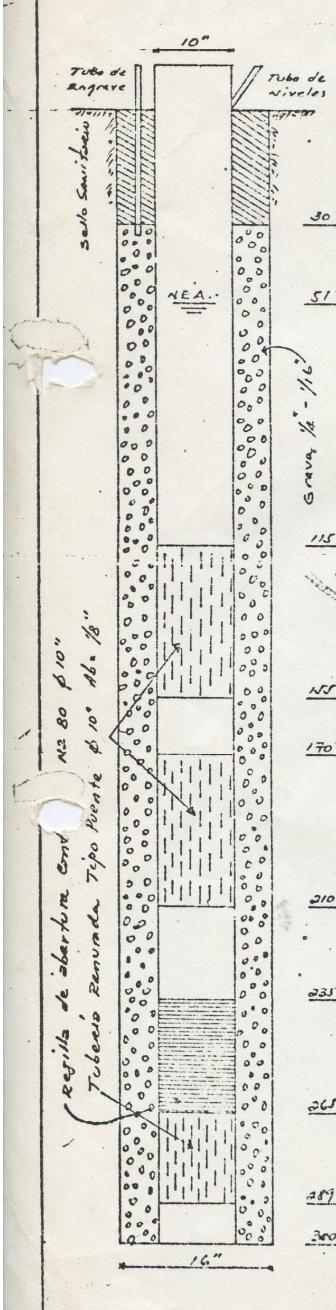
**14.5 REGISTRO DE POZOS QUE ABASTECEN EL SISTEMA ACTUAL DE
LA CIUDAD DE NANDAIME:**

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS		
REGISTRO DE POZOS		
COLOCACION REVESTIMIENTO	PERFIL GEOLOGICO	DATOS GENERALES
	<p><u>DE-A</u> (pies)</p> <p><u>CLASIFICACIÓN PRELIMINAR.</u></p> <ul style="list-style-type: none"> 0'-5' TIERRA Vegetal 5'-40' ARENA CON BOLONES 40'-50' CANTERA ARENOSA. Algunos BOLONES. 50'-65' ARENA COLOR CAFÉ 65'-75' ARENA fina 75'-85' ARENA CON ARCILLA 85'-105' ARENA COLOR OSCURO 105'-110' ARENA CON ARCILLA 110'-120' ARENA COLOR CAFÉ 120'-145' ARENA fina COLOR CAFÉ 145'-160' ARENA CON POMEZ (grava) 160'-185' Casco duro, ARENA COLOR NEGRO. 185'-215' ARENA Volcánica COLOR NEGRO 215'-230' ARENA muy fina 230'-245' ARENA Sumamente fina 245'-260' ARENA CON piedra Volcánica. 260'-275' ARENA fina 275'-290' ARENA CON Arcilla 290'-320' ARENA COLOR CAFÉ 320'-330' ARENA COLOR plomo 	<p>POZO No <u>D-7 - 72</u></p> <p>FECHA INICIAL <u>3º Junio - 72</u> FINAL <u>1 - Oct - 72</u></p> <p>LOCALIZACION <u>NANDAIME</u></p> <p>PERFORADOR <u>Adonis Castillo</u></p> <p>METODO <u>PERCUSIÓN</u></p> <p>DIAMETRO PERFORADO $\phi = 20"$; 0' - 260' $\phi = 14"$; 260' - 330'</p> <p>PROFUNDIDAD TOTAL <u>320'</u> ADEME $\phi = 10"$; de 0'-86'; de 99'-107'; 120'-130'; 179'-230' $\phi = 6"$; de 260' - 307'</p> <p>TAMIZ PUENTE $\phi = 10"$: 86'-99'; 107'-120'; 130'-179'; 230'-260'; RANURA Vertical = 307'-320' N.E.A. A 38.8' de la Superficie del TERRENO</p> <p>PRUEBA A RAZON DE 503 gpm. DURANTE 24 hrs, con rejamiento Maximo de 11.6 pies.</p> <p>NOTAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - SE LE HIZO Registro Eléctrico - SE COLOCO EMPAQUE de grava de $1\frac{1}{8}$" - $1\frac{1}{16}$" - TIENE TUBERIA para MEDICIÓN de Niveles y ojas para la colocación de grava <p>C.N.G.</p>

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

INSTITUTO NICARAGUENSE DE AGUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS

REGISTRO DE POZOS

COLOCACION REVESTIMIENTO	PERFIL · GEOLOGICO	DATOS GENERALES
 <p>Regleta de soterraña cond N2 80 P 10° Tuboso Revueltas Tipo Poente Ø 10° d6 = 18"</p>	<p>DE-A (pies).</p> <p>0'-10' Arcilla limosa con algo de arena media, color café clara.</p> <p>10'-40' Limo arenoso color café</p> <p>40'-60' Escoria Volcánica con abundante Limo y arena fina a media</p> <p>60'-65' Limolito de regular consolidación color gris</p> <p>65'-75' Limo arenoso con algo de fango (la arena es muy fina)</p> <p>75'-90' Arena finísima y limo con partículas de fango</p> <p>90'-110' Conglomerado Volcánico</p> <p>110'-115' Material Volcánico color negro con abundante arcilla amarilla muy plástica</p> <p>115'-160' Conglomerado volcánico, contiene abundante arena fina y limo..</p> <p>160'-235' Limo arenoso con abundantes partículas angulosas de origen volcánico..</p> <p>235'-265' Ceniza volcánica, altamente porosa, color negruzca.</p> <p>265'-300' IDEM, 160'-235'</p>	<p>POZO No. 7/C.P. 35</p> <p>FECHA INICIAL Mayo 11- 1981 FINAL Julio 10- 1981</p> <p>LOCALIZACION NANDAIME</p> <p>PERFORADOR McGREGOR</p> <p>METODO PERCUSIÓN</p> <p>DIAMETRO PERFORADO 16" EN Toda su longitud</p> <p>PROFUNDIDAD TOTAL 300' ADEME Ø 10" DE 0'a 115' - 155'a 170' 210'a 235' - 289'a 300'</p> <p>TAMIZ Ø 10" DE 115'a 155' - 170'a 210' 235'a 289'.</p> <p>N.E.A. A 51' DESDE la superficie o en Terreno.-</p> <p>PRUEBA Durante 12 Hrs. a razón de 500 GPM y descenso de 15.17' (Se estabilizó después de 7 Hrs. de bombeo.)</p> <p>NOTA La tubería sobresale a 2' sobre el terreno.</p> <p>CONDICIONES 1298.25N 603.45E cuadrante 2951 II, Nandaime</p>

Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031

INSTITUTO NICARAGUENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS						
GERENCIA DE PERFORACIONES / PROYECTO REFORZAMIENTO DE FUENTES						
REGISTRO DE POZO						
Nº de Pozo R-1-97	Localización NANDAIME (BID)		Municipio NANDAIME			
Fecha Inicial 05.02.97	Fecha Final 23.02.97	Método de Perforación ROTATIVO CON AIRE	Perforador EDGARD ZEPEDA			
Nivel del Agua (pie) 132.50	Coord. Este	Coord. Norte	Elevación (mt) Vertical 720.0 Horizontal			
Nota						
Prof. [feet]	Hueco	Anillo	Casing	Screen	Litología	Elev. [feet]
20		Sello Sanitario			LIMO ARCILLOSO CAFE	-20
40		Material Impermeable			LIMO CAFE	-40
60						-60
80						-80
100						-100
120						-120
140						-140
160						-160
180						-180
200						-200
220						-220
240						-240
260						-260
280						-280
300						-300
320						-320
340						-340
360						-360
380						-380
400						-400
406	17	Empaque de Grava	10		TOBA AGLOMERATICA CON FRAGMENTOS ANGULOSOS DE ANDESITA	
					TOBA GRIS CON ARENA MEDIA A GRUESA	
					TOBA LIMOSA CON POCA ARENA GRUESA CAFE	
					TOBA AGLOMERATICA CON FRAGMENTOS DE ESCORIA NEGRA Y ANDESITA	
					TOBA AGLOMERATICA CON ABUNDANTE ESCORIA	
					72	
					112	
					192	
					212	
					292	
					332	
					354	
					374	
					394	
					414	
			327			
			342			
			390			
			406			
			400			

14.6 CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA DE NANDAIME

RESULTADOS DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICO Y METALES PESADOS DE LOS POZOS PERFORADOS DE NANDAIME - GRANADA

DEPARTAMENTO/Municipio	NOMBRE DE LA FUENTE	FECHA CAPTA	ASPECTO	COLOR VERDADERO UC	TURBIEDAD LAB	SOL DISUEL mg/L	TEMP CAMPO °C	TEMP LAB °C	pH campo	pH LAB	COND ELEC Campo µS/cm	COND ELEC LAB µS/cm	ALCALINIDAD mg/L	DUREZA TOTAL mg/L	SODIO mg/L	CALCIO mg/L	MAGNESIO mg/L	POTASIO mg/L	HIERRO TOTAL mg/L	BICARBONATOS mg/L	CARBONATOS mg/L	HIDROXILo mg/L	CLORUROS mg/L	SULFATOS mg/L	NITRATOS mg/L	NITRITOS mg/L	FLUOR mg/L	ARSENICO µg/L	PLOMO µg/L
NORMAS CAPRE			Transparente	15	5,0	1000	18 - 32	6.5 - 8.5	No Esp	No Esp	400	200	100	50	10	0,3	No Esp	No Esp	No Normado	250	250	50	0,1	0.7 - 1.5	10	10			
Granada/Nandaime	PP El Trillo	23/01/2007	CLARA	<LDM	<LDM	182	29,3		7,26	8,05	426		162,8	82,6	27,9	31,1	1,2	10,4	<LDM	198,5	0	0	8,7	<LDM	<LDM	0,018	0,28		
		17/04/2008	Clara	<LDM	<LDM	182	29,3	23	7,06	7,62	340	353	144,7	109,5	33	20	14,4	11,1	<LDM	176,4	0	0	9,7	<LDM	4,66	<LDM	0,21		
		26/01/2009	Clara	<LDM	<LDM	209	28,8	24,5	6,88	7,67		362	178,8	110,6	36,8	23,2	12,8	11,6	<LDM	218	0	0	10,5	<LDM	2,54	<LDM	0,27	1,82 ND	
Granada/Nandaime	PP Monseñor Velez	17/04/2008	Clara	<LDM	<LDM	160	28,5	23	6,99	7,56	348	355	118,9	87,6	23,8	23,8	6,8	8,5	<LDM	145	0	0	10,6	<LDM	11,8	<LDM	0,24		
		26/01/2009	Clara	<LDM	<LDM	225	28,6	24,1	6,75	7,56		387	163,3	144	24,4	30,2	16,6	8,8	<LDM	199	0	0	19,1	<LDM	21,71	0,006	0,34	<LDM ND	
	PP Monte Grande																												
		23/01/2007	CLARA	<LDM	<LDM	162	28		6,77	7,71	370		140,8	87,6	19,9	28,1	6,7	7,3	<LDM	171,6	0	0	10,6	<LDM	<LDM	0,009	0,28		
		17/04/2008	Clara	<LDM	<LDM	162	27,3	22,8	7,12	7,67	158	321	136,8	103,2	21,9	20	12,9	8,1	<LDM	166,7	0	0	9,7	<LDM	4,55	<LDM	0,23		
		30/04/2009	Clara	<LDM	<LDM	212	26,3	25,1	6,99	7,53		320	186,3	153,2	23,5	25,1	22	8,3	0,005	227,1	0	0	15,8	<LDM	2,54	<LDM	0,24	9,84 ND	

CLAVE: No Esp = No Específica

LDM = Límite de Detección del Método

LDM = Color 8.44 UC

LDM Turbidez = 0.292 UNT

LDM Hierro 0.083 mg/L

LDM Sulfatos 10 mg/L

LDM Nitritos 0.006 mg/L

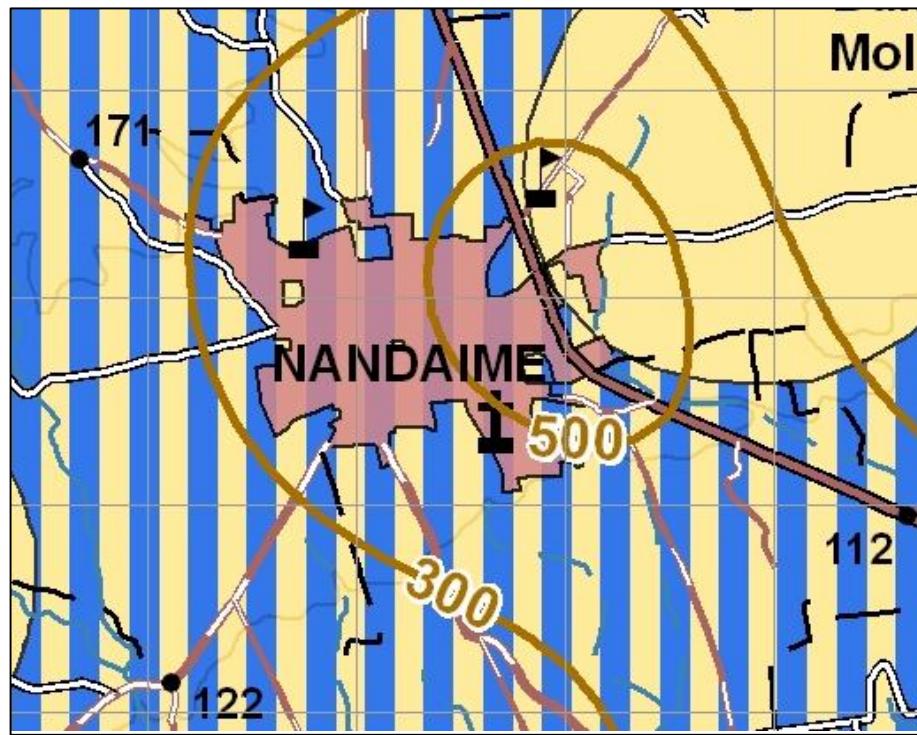
LDM Ar 1.034 microg/L

ND No detectado

Fuente: ENACAL

TABLA 1. Parámetros Sobre la Calidad de las Aguas Subterráneas de Nandaime.

14.7 FIGURA 2. HIDROGEOQUIMICO DEL ACUIDFERO DE NANDAIME



Fuente: INETER

**Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031**

LEYENDA

1.1 AGUAS BICARBONATADAS

	Bicarbonatada - Cálcica / Bicarbonatada - Cálcica - Magnésica	$\text{HCO}_3\text{-Ca}$ $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$
	Bicarbonatada - Cálcica - Sódica / Bicarbonatada - Sódica - Cálcica	$\text{HCO}_3\text{-Ca-Na}$ $\text{HCO}_3\text{-Na-Ca}$
	Bicarbonatada - Sódica	$\text{HCO}_3\text{-Na}$
	Bicarbonatada - Magnésica / Bicarbonatada - Magnésica - Cálcica	$\text{HCO}_3\text{-Mg}$ $\text{HCO}_3\text{-Mg-Ca}$
	Bicarbonatada - Magnésica - Sódica / Bicarbonatada - Sódica - Magnésica	$\text{HCO}_3\text{-Mg-Na}$ $\text{HCO}_3\text{-Na-Mg}$
	Bicarbonatada - Clorurada - Cálcica	$\text{HCO}_3\text{-Cl-Ca}$
	Bicarbonatada - Clorurada - Sódica	$\text{HCO}_3\text{-Cl-Na}$

1.2 AGUA SULFATADA

	Sulfatada - Cálcica	$\text{SO}_4\text{-Ca}$
--	---------------------	-------------------------

1.3 PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Isolínea de Conductividad Eléctrica del agua ($\mu\text{S/cm}$)

1.4 PUNTOS DE MUESTREO DE AGUA

- 16** Pozo perforado con análisis químico del estudio
- 12** Pozo excavado con análisis químico del estudio
- 3** Agua superficial con análisis químico del estudio

14.8 PLANOS

XV. BIBLIOGRAFÍA

- (INIDE), I. n. (2005). *Nandaime en Cifras*.
- (INIDE), I. n. (2007). *Estimaciones y Proyecciones de Poblacion Revision 2007*.
- Normas Reginal CAPRE: Calidad de Agua para Consumo Humano.* (1994).
- Alcaraz, M. d. (2006). *Modelacion y simulación de redes hidráulicas a presión mediante herramientas informáticas*. Cartagena, Colombia.
- ENACAL. (2007). *ABC Sobre el Recurso Agua y su Situacion En Nicaragua*. Managua, Nicaragua.
- Fise, E. N. (2008). *Marco Ambiental Del Programa De Agua Y Saneamiento Rural Del Nuevo Fise*. Managua, Nicaragua.
- GRUNDFOS. (s.f.). *Catalogo de Bombas Sumergibles, Motores y Accesorios*. España.
- INAA. (s.f.). *Normas Tecnicas Para el Diseño de Abastecimiento y Potabilizacion del Agua*.
- INAA. (s.f.). *Normas Tecnicas de Diseño de Abastecimiento de Agua y Saneamiento Básico en el Medio Rural*.
- INAA. (s.f.). *NTON 09 006 – 11 (Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense)*.
- Opazo, F. U. (s.f.). *Ingenieria Sanitaria*.
- Salud, O. P. (2005). *Guia para el Diseño de Redes de Distribucion en sistemas rurales de abastecimiento de agua*. Lima.
- Salud, O. P. (s.f.). *Bombas para Agua Potable*.
- Tirado, I. V. (s.f.). *Apuntes de la Ingenieria Sanitaria*.

**Rediseño del sistema de redes de agua potable de la ciudad de Nandaime, Departamento de Granada, con
un periodo de diseño de Julio 2011 – Julio 2031**