

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE BARRIO MIRANDA II

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
González S. Yeffer J.
Para optar al Título de
Ingeniero Mecánico

Caracas, Noviembre 2014

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE BARRIO MIRANDA II

Tutor Académico: Prof. Rodolfo Grullón

Tutor Industrial: Ing. Martín Terán

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Bachiller:
González S. Yeffer J.
para optar al Título de
Ingeniero Mecánico.

Caracas, Noviembre 2014



Facultad de Ingeniería
INGENIERIA MECÁNICA
Universidad Central de Venezuela
DEPARTAMENTO DE ENERGETICA

Caracas, 19 de noviembre de 2014

ACTA

Los abajo firmantes, miembros del jurado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el (los) bachiller (es):

González S., Yeffer J.

Titulado: *"Proyecto del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para la Comunidad de Barrios Miranda II"*

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudio conducente al

Titulo de: *Ingeniero Mecánico*


Prof. *Eugenio Sansone*
Jurado




Prof. *Cristobal Quevedo*
Jurado


Prof. *Rodolfo Grullón*
Tutor

"50 años de la creación de la Escuela de Ingeniería Eléctrica, de la Escuela de Ingeniería Mecánica y del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales"

DEDICATORIA

A mi madre, a mi padre, a mis abuelas, por ustedes estoy en donde estoy, este logro
no es mío ¡es de ustedes!

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a DIOS por los años de vida y por darme la fuerza para alcanzar esta meta.

A Franklin González, mi padre, mi amigo, por su apoyo incondicional en todo momento, por la paciencia tenida a la espera de este momento.

A Magri Sandjan, mi madre, mi amiga, por siempre estar a mi lado apoyándome en cada fase de mi vida, por su comprensión.

A mis hermanos Victor y Kathliin, por apoyarme en las buenas y las malas, por creer en mí en todo momento.

A Someira Zambrano, mi “compañera de tesis” por ayudarme en todo momento, por soportarme en esta etapa de estrés, por siempre estar a mi lado.

A Luis Aguilar, Ingeniero de la empresa HIDROCAPITAL, por su colaboración en cada etapa de la elaboración de este proyecto.

A mis compañeros de la escuela de mecánica por su amistad incondicional en cada momento.

Gracias a todos

González S. Yeffer J.

PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA COMUNIDAD DE BARRIO MIRANDA II

**Tutor Académico: Prof. Rodolfo Gullón. Tutor Industrial: Martin Terán.
Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica. 2014, 155 pág.**

Palabras Clave: Pozos, Abastecimiento, Agua potable, Bombeo, Capacidad

RESUMEN

El presente trabajo especial de grado tiene como objetivo principal proponer un sistema de abastecimiento de agua potable que cumpla con la demanda requerida por la comunidad de Barrio Miranda II, utilizando como fuente de abastecimiento cuatro (4) pozos pertenecientes a la empresa HIDROCAPITAL, ubicados dentro de los linderos del Club Cumbre Azul. Se seleccionaron los equipos de bombeo sumergibles adecuados para el sistema, marca KSB UPA 150C-30 modelo 13 para cada pozo, mediante el método de energía para sistemas de redes abiertas. Se propuso un ciclo de servicio para el sector debido a que la cantidad de agua que se puede extraer de los pozos no cubre con la variación horaria de la comunidad. Para cubrir con la demanda durante el ciclo de servicio, la capacidad del estanque seleccionado fue de 435 m³ y estará ubicado en el punto más alto del sistema. En el sistema de distribución se propuso colocar válvulas de expulsión de aire, válvulas de sectorización, sistema de limpieza o de purga y válvulas reguladoras de presión, con la finalidad de garantizar el buen funcionamiento del sistema. La propuesta incluye un estudio económico asociado a la inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICAS	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xix
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2 Objetivos de la investigación	4
1.2.1 Objetivo General	4
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
1.3 Alcances y limitaciones.....	5
CAPÍTULO II	7
2. MARCO TEÓRICO.....	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Fundamentación teórica	8
2.2.1 Estimación de la población	8
2.2.2 Proyección poblacional	8

2.2.3 Modelos para las proyecciones de población.....	9
2.2.3.1 Métodos matemáticos.....	9
2.2.3.1.1 Método lineal	9
2.2.3.1.2 Método Geométrico o exponencial	10
2.2.4 Principios de mecánica de los fluidos aplicados a los sistemas de bombeo	11
2.2.4.1 Ecuación de la continuidad	11
2.2.4.2 Flujos de Fluidos Viscosos.....	11
2.2.4.3 Flujo Laminar.....	12
2.2.4.4 Número de Reynolds.....	12
2.2.4.5 Flujo turbulento.....	12
2.2.4.6 Ecuación de la energía	12
2.2.4.7 Pérdidas en Sistemas de Tuberías	13
2.2.4.8 Envejecimiento de las tuberías.....	15
2.2.4.9 Régimen permanente.....	16
2.2.4.9.1 Análisis de Redes de Tuberías	16
2.2.4.10 Régimen Transitorio.....	18
2.2.4.10.1 Golpe de Ariete	22
2.2.5 Servicios básicos	23
2.2.5.1 Servicio de agua potable	23
2.2.6 Agua potable	23
2.2.7 Fuentes de abastecimiento de agua	23
2.2.7.1 Aguas superficiales	24
2.2.7.2 Aguas subterráneas.....	24

2.2.8 Método de Aforo	24
2.2.9 Calidad de Agua	25
2.2.9.1 Análisis Cualitativos del agua:	25
2.2.9.2 Análisis cuantitativos:	26
2.2.10 Tipos de tratamientos:	26
2.2.10.1 Sedimentación:	26
2.2.10.2 Coagulación y floculación.....	26
2.2.10.3 Rejas de desbaste.....	26
2.2.10.4 Filtro de grava	27
2.2.10.5 Aireación.....	27
2.2.10.6 Filtro lento de agua:	27
2.2.10.7 Cloración.....	28
2.2.11 Criterios básicos para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable.....	28
2.2.11.1 Cifras de Consumo de Agua	28
2.2.11.2 Periodo de diseño	29
2.2.11.3 Variaciones periódicas de los consumos e influencia sobre las diferentes partes del sistema	29
2.2.12 Estanque de Almacenamiento:.....	32
2.2.12.1 Tipos de Estanques.....	32
2.2.13 Red de distribución	33
2.2.13.1 Tipos de redes	33
2.2.14 Bombas.....	34
2.2.14.1 Bombas centrífugas horizontales	34
2.2.14.2 Bombas centrífugas verticales.....	34

2.2.14.3 Bombas sumergibles	35
2.2.14.4 Parámetros de las Bombas	35
2.2.15 Válvulas.....	36
2.2.15.1 Válvulas de paso	36
2.2.15.2 Válvulas reguladoras	37
2.2.15.3 Válvulas para el Control Direccional del Flujo.....	37
2.2.15.4 Válvulas Complementarias del Servicio de Acueductos	38
2.2.16 Motor Eléctrico	38
CAPITULO III	40
3. MARCO METODOLOGICO	40
3.1 Tipo de Investigación.....	40
3.2 Área de Investigación.....	41
3.3 Técnicas de recolección de datos	41
3.4 Técnica de análisis de datos	42
3.5 Fases de la investigación.....	42
3.5.1 Fase I. Recopilación y revisión de información teórica básica.....	42
3.5.2 Fase II. Recopilación de información necesaria en campo	43
3.5.3 Fase III. Propuesta para el sistema de bombeo y almacenamiento de agua potable.....	43
3.5.4 Fase IV. Propuesta para el sistema de distribución de agua potable.....	43
3.5.5 Fase V. Análisis presupuestario	44
CAPITULO IV	45
4. DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SECTOR	45
4.1 Situación actual	45

4.2 Características de los habitantes del sector	45
4.3 Estimación de la población futura dentro del período de diseño	47
4.3.1 Proyección Poblacional, Método Geométrico (Método Exponencial)	47
4.4 Consumo medio actual y a futuro de la comunidad de Barrio Miranda II....	48
4.5 Variaciones en el consumo.....	49
4.5.1 Consumo Máximo Diario.....	49
4.5.2 Consumo Máximo Horario	49
4.5.3 Consumo en caso de Incendio.....	50
4.5.4 Caudal de diseño	51
4.6 Información topográfica del área de estudio.....	51
CAPÍTULO V	59
5. SISTEMA DE BOMBEO	59
5.1 Fuente de abastecimiento	59
5.1.1 Aforamiento de los pozos.....	59
5.1.2 Calidad del agua de los pozos	60
5.2 Sistema de bombeo	62
5.2.1 Válvulas e instrumentación del sistema de bombeo	63
5.2.2 Determinación de los diámetros de la tubería de impulsión del sistema de bombeo.....	65
5.2.3 Selección de las bombas.....	66
5.2.4 Golpe de Ariete para el sistema de bombeo.....	80
5.2.5 Especificaciones de las válvulas	82
5.2.6 Especificaciones de tuberías	84
5.2.7 Especificaciones del motor de la bomba seleccionada	84

5.5.8 Instalación Eléctrica	85
5.2.9 Estanque de almacenamiento	85
5.2.9.1 Variación horaria en el consumo de agua	85
5.3.9.2 Rata de bombeo.....	87
5.3.9.3 Capacidad del estanque	87
CAPÍTULO VI	93
6. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	93
6.1 Definición de la trayectoria de la tubería	93
6.2 Características de las tuberías de distribución	94
6.2.1 Diámetro de las tuberías de distribución.....	94
6.2.2 Espesor y SDR de las tuberías de distribución	95
6.3 Simulación Hidráulica para el sistema de distribución.....	97
6.3.1 Nodos de simulación.....	97
6.4 Resultados de la simulación	102
6.5 Resultados de la segunda simulación.....	110
6.6 Especificaciones generales de las tuberías de distribución propuestas	111
6.7 Ubicación de Válvulas en los nodos	114
6.8 Cavitación en las válvulas reguladoras se presión	116
CAPÍTULO VII	118
7. ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA.....	118
7.1 Presupuesto	118
CAPÍTULO VIII	119
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	119
8.1 Conclusiones	119

8.2 Recomendaciones.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	121
ANEXOS	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de los sub-sectores	46
Tabla 2. Tasa de crecimiento poblacional, Método Geométrico	47
Tabla 3. Proyección de la población, Método Geográfico.....	48
Tabla 4. Consumo Medio por cada sub-sector.....	48
Tabla 5. Consumo Máximo Diario.....	49
Tabla 6. Consumo Máximo Horario	50
Tabla 7. Consumo en caso de Incendio.....	50
Tabla 8. Caudal máximo para los pozos por separados	60
Tabla 9. Caudal máximo de los pozos cuando operan simultáneamente	60
Tabla 10. Características físico-químicas permitidas para el agua potable	61
Tabla 11. Regulaciones microbiológicas aptas para el consumo	61
Tabla 12. Resultados de la calidad de agua de los pozos.....	62
Tabla 13. Diámetros de la tubería de impulsión	65
Tabla 14. Velocidad media-Tuberías de impulsión	66
Tabla 15. Ecuaciones del método de la energía para sistemas de redes abiertas	68
Tabla 16. Características del agua y su relación con el coeficiente α	71
Tabla 17. Pérdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo 2-3.....	72
Tabla 18. Pérdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo 4-5.....	73
Tabla 19. Pérdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo 7-8.....	73
Tabla 20. Coeficiente K para distintos accesorios	74
Tabla 21 Pérdidas por accesorio, tramo 2-3.....	74
Tabla 22 Pérdidas por accesorio, tramo 4-5.....	75
Tabla 23 Pérdidas por accesorio, tramo 7-8.....	75

Tabla 24. Pérdidas totales, tramo 2-3.....	76
Tabla 25. Pérdidas totales, tramo 4-5.....	76
Tabla 26. Pérdidas totales, tramo 7-8.....	77
Tabla 27. Punto de operación en el sistema de las bombas y de la realidad.....	79
Tabla 28. Características de las bombas	80
Tabla 29. Sobrepresión y máxima presión en el sistema de bombeo.....	82
Tabla 30. Variación horaria Barrio Miranda II.....	86
Tabla 31. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II.....	88
Tabla 32. Caudales medios para la parte alta y baja del sector.....	89
Tabla 33. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II, parte alta.....	90
Tabla 34. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II, parte baja	91
Tabla 35. Valores de la Resistencia mínima requerida.....	95
Tabla 36. Espesor y SDR teóricos, de la tubería de la salida del estanque.....	96
Tabla 37. Velocidad media para la tubería de salida del estanque.....	96
Tabla 38. Nodos seleccionados, Unión Nueva Esperanza	98
Tabla 39. Nodos seleccionados, Terrazas de Miranda.....	99
Tabla 40. Nodos seleccionados, Los Planes.....	100
Tabla 41. Nodos seleccionados, Terrazas de Canaán	102
Tabla 42 Variación horaria de la presión, Unión Nueva Esperanza	104
Tabla 43. Variación horaria de la presión, Terrazas de Miranda (Pare alta)	106
Tabla 44. Variación horaria de la presión, Terrazas de Miranda (Pare baja).....	106
Tabla 45. Variación horaria de la presión, Los Planes.....	107
Tabla 46. Variación horaria de la presión, Terrazas de Canaán.....	109

Tabla 47. Operación de las válvulas reguladoras de presión	110
Tabla 48. Variación horaria de la presión, segunda simulación	110
Tabla 49. Especificaciones de las tuberías de distribución, Unión Nueva Esperanza	111
Tabla 50 Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Miranda (Parte alta).....	112
Tabla 51. Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Miranda (Parte baja).....	113
Tabla 52. Especificaciones de las tuberías de distribución, Los Planes.....	113
Tabla 53. Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Canaán	114
Tabla 54. Válvulas de compuerta utilizadas para reparaciones de tubería	115
Tabla 55. Válvulas de compuerta para descarga en los puntos bajos	115
Tabla 56. Válvulas de bola de rosca utilizada para reparaciones de tuberías, tramos cortos	115
Tabla 57. Válvulas de expulsión de aire (Ventosa) utilizadas en los puntos altos del sistema.....	116
Tabla 58. Especificaciones de las válvulas reguladoras de presión	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de Barrio Miranda II.....	41
Figura 2. Calles y Callejones, Unión Nueva Esperanza.....	52
Figura 3. Calles y Callejones, Terrazas de Miranda y Terrazas de Canaán.....	54
Figura 4. Calles y Callejones, Los Planes.....	57
Figura 5. Configuración del sistema de bombeo.....	63
Figura 6. Configuración de válvulas e instrumentación.....	64
Figura 7. Simbología usada en la configuración de válvulas e instrumentación	64
Figura 8. Configuración para el método de energía para sistemas de redes abiertas..	68
Figura 9. Trazado de las tuberías propuestas para la distribución	94
Figura 10. Intervalos de presión en el sistema, hora 12:00am	103
Figura 11. Intervalos de presión en el sistema, hora 12:00am. Continuación	104
Figura 12. Zona de Cavitación Válvulas reguladoras de presión FIMACA SINGER	117

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Distribución porcentual de la población	46
Gráfica 2. Perfil topográfico, Calle Principal, Unión Nueva Esperanza.....	53
Gráfica 3. Perfil topográfico, Calle Sinaí, Unión Nueva Esperanza	53
Gráfica 4. Perfil topográfico Calle Juncal, Unión Nueva Esperanza	53
Gráfica 5. Perfil topográfico, Calle Principal, Terrazas de Miranda	55
Gráfica 6. Perfil topográfico, Calle Juan Pablo, Terrazas de Miranda	55
Gráfica 7. Perfil topográfico, Calle Independencia, Terrazas de Miranda.....	55
Gráfica 8. Perfil topográfico, Callejón Los Hernandez, Terrazas de Miranda	56
Gráfica 9. Perfil topográfico, Calle Principal La Bendición, Terrazas de Canaán	56
Gráfica 10. Perfil topográfico, Calle La Bondad, Terrazas de Canaán.....	56
Gráfica 11. Perfil topográfico, Calle Principal El Corozal, Los Planes	58
Gráfica 12. Perfil topográfico, Calle El Caño, Los Planes.....	58
Gráfica 13. Perfil topográfico, Calle El Manantial, Los Planes	58
Gráfica 14. Curva característica de la bomba KSB UPA 150C-30 Modelo 13	66
Gráfica 15. Curva característica de la bomba KSB UPA 150C-30 Modelo 14	67
Gráfica 16. Curva característica de la bomba EBARA MSH 516 Modelo 12.....	67
Gráfica 17. Curva característica de la bomba EBARA MSH 516 Modelo 13.....	67
Gráfica 18. Curvas de energía por unidad de peso de los estados 3,4 y 8	77
Gráfica 19. Curvas de energía por unidad de peso para el estado 4.....	78
Gráfica 20. Variación horaria Altos Mirandinos.....	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones y características de tuberías de PEAD (HDPE).....	124
Anexo 2. Plano en detalle 1/13, Unión Nueva Esperanza.....	125
Anexo 3. Plano en detalle 2/13, Unión Nueva Esperanza.....	126
Anexo 4. Plano en detalle 3/13, Unión Nueva Esperanza.....	127
Anexo 5. Plano en detalle 4/13, Unión Nueva Esperanza.....	128
Anexo 6. Plano en detalle 5/13, Terrazas de Miranda	129
Anexo 7. Plano en detalle 6/13, Terrazas de Miranda	130
Anexo 8. Plano en detalle 7/13, Terrazas de Miranda	131
Anexo 9. Plano en detalle 8/13, Terrazas de Miranda	132
Anexo 10. Plano en detalle 9/13, Los Planes	133
Anexo 11. Plano en detalle 10/13, Los Planes	134
Anexo 12. Plano en detalle 11/13, Los Planes	135
Anexo 13. Plano en detalle 12/13, Terrazas de Canaán.....	136
Anexo 14. Plano en detalle 13/13, Terrazas de Canaán.....	137
Anexo 15. Estimación presupuestaria 1/8.....	138
Anexo 16. Estimación presupuestaria 2/8.....	140
Anexo 17. Estimación presupuestaria 3/8.....	142
Anexo 18. Estimación presupuestaria 4/8.....	144
Anexo 19. Estimación presupuestaria 5/8.....	146
Anexo 20. Estimación presupuestaria 6/8.....	149
Anexo 21. Estimación presupuestaria 7/8.....	151
Anexo 22. Estimación presupuestaria 8/8.....	153
Anexo 23. Estimación presupuestaria total.....	155

INTRODUCCIÓN

En Venezuela el crecimiento demográfico no planificado, el desarrollo económico, la ausencia histórica de criterios de conservación y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y la contaminación del agua, han ocasionado problemas en el suministro de agua potable. Esto conduce a que en la actualidad existan muchos sectores con problemas de abastecimiento, siendo afectados en su crecimiento económico y la evolución social.

Debido a esta situación la empresa Hidrocapital ha desarrollado proyectos comunitarios con la finalidad de educar a la población sobre el uso adecuado del vital líquido, así como la optimización o diseñar nuevos sistemas de abastecimiento de agua potable.

La empresa ha creado un vínculo con la escuela de Ingeniería Mecánica de la Universidad Central de Venezuela para que los estudiantes desarrollen los proyectos mencionados. En el siguiente trabajo especial de grado se desarrollara el proyecto que tiene como objetivo proponer un sistema de abastecimiento de agua potable para el sector Barrio Miranda II ubicado en el estado Miranda, utilizando como fuente de abastecimiento cuatro (4) pozos ya construidos, que se encuentran en las cercanías del sector.

El proyecto está estructurado en ocho capítulos que describen de manera esquemática la respuesta a los objetivos trazados en la investigación. El capítulo I corresponde al planteamiento del problema, los alcances y las limitaciones que tiene el proyecto. En el capítulo II se hace referencia a algunos trabajos especiales de grado, consultados con el fin de obtener una guía de la metodología empleada, así como también, se realizó la fundamentación teórica. El capítulo III describe la metodología seguida para el desarrollo del trabajo. En el capítulo IV realiza la descripción de la situación actual del sector. Por su parte, en el capítulo V se realiza la selección del equipo de bombeo y el cálculo del estanque de almacenamiento. En el capítulo VI se determina los diámetros de las tuberías para la distribución y se

seleccionan los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento de la red. En el capítulo VII se realizó la estimación presupuestaria del proyecto, y posteriormente en el capítulo VIII se exponen las conclusiones y recomendaciones.

Finalmente en esta investigación se establece el crecimiento continuo de la población por 25 años con la finalidad de garantizar un suministro eficiente durante ese período.

CAPÍTULO I

1. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

La satisfacción de las necesidades de la población en cuanto a los servicios básicos que requieren, es el indicador más importante que se utiliza para medir la calidad de vida de los habitantes de un área determinada. La ubicación del sector y el funcionamiento de los servicios, constituyen una de las mayores preocupaciones de los organismos que se encargan de satisfacer las necesidades de la población.

El sistema de abastecimiento de agua potable es parte de los servicios básicos, siendo dicho líquido vital para el ser humano. Según la Organización Mundial de la Salud una persona consume 250 litros de este recurso diarios, en la actualidad más de 783 millones de personas no tienen acceso al agua potable, y miles de millones carecen de un saneamiento adecuado (Programa Conjunto OMS/UNICEF para el Monitoreo del Abastecimiento de Agua y Saneamiento, Informe 2012).

En Venezuela, los servicios para abastecer de agua potable no ofrecen una cobertura suficiente para la cantidad de habitantes que tiene el país. Según el Instituto Nacional de Estadística (INE), la cobertura nacional es de 95%, y se estima un promedio de 230 litros diarios por persona (Indicadores Básicos de Salud, Instituto Nacional de estadística, 2012), cifra que no cubre los estándares internacionales y que se acentúa con el acelerado crecimiento de la población de manera no planificada. Este continuo aumento del número de habitantes, ocasiona el emplazamiento de comunidades en áreas donde no existe la infraestructura para prestar este servicio, tal es el caso del sector Barrio Miranda II del municipio Guaicaipuro, Estado Miranda. La comunidad se encuentra ubicada aproximadamente en el kilómetro 27 de la carretera panamericana y colinda con los sectores de los Alpes, Barrio Miranda, Brisas de palo alto y con el club Cumbre Azul.

Barrio Miranda II posee una topografía que varía desde los 1242 hasta los 1311 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y está dividido por cuatro (4) subsectores: Unión Nueva Esperanza, Terrazas de Miranda, Los Planes y Terrazas de Canaán.

La comunidad es dotada de agua potable únicamente por un camión cisterna asignado por la empresa HIDROCAPITAL de lunes a viernes, de manera arbitraria a cada subsector, éste no cubre con la demanda de la población y no es la manera eficiente de suministrar el agua potable.

Considerando la problemática anteriormente expuesta, donde se conjuga la necesidad prioritaria de esta comunidad, las características del terreno donde se emplazan, como las altas pendientes y la distancia a la principal fuente de agua de la zona, así como también la inexistencia de redes de tuberías en la zona, se hace necesario proponer medidas que permitan solventar la situación, de esta manera se genera la siguiente interrogante:

¿Cuál es el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable más adecuado para satisfacer la demanda de la comunidad de Barrio Miranda II?

1.2 Objetivos de la investigación

1.2.1 Objetivo General

Proponer un sistema de abastecimiento de agua potable que permita satisfacer la demanda del servicio en la comunidad de Barrio Miranda II.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Determinar las características de cada subsector que conforma la comunidad:
 - Tipo de población.
 - Distribución de la población.
 - Topografía de los sub-sectores.
- Construir el plano del sector con el uso del programa AutoCAD.

- Estimar la demanda a futuro de la comunidad de acuerdo con el período de diseño establecido.
- Seleccionar los equipos de bombeos de acuerdo a los requerimientos del sistema.
- Calcular la capacidad del estanque que surtirá a la comunidad.
- Determinar los diámetros y los espesores de la tubería para la distribución del agua potable de cada sub-sector.
- Seleccionar los accesorios que se requieren para el buen funcionamiento del sistema de distribución de agua potable.
- Simular el sistema de distribución mediante el software suministrado por HIDROCAPITAL, Watergems.
- Realizar los planos constructivos y la estimación presupuestaria según los estándares de HIDROCAPITAL.

1.3 Alcances y limitaciones

Alcances: El proyecto abarca la etapa de diseño del sistema de abastecimiento de agua potable. Se debe seleccionar los equipos de bombeos, determinar las características de las redes tuberías y accesorios adecuados con la finalidad de satisfacer la demanda de la comunidad de Barrio Miranda II.

Las propuestas planteadas en el diseño, se simularan en el software suministrado por la empresa HIDROCAPITAL, WaterGems. Con esta herramienta se evaluará los parámetros hidráulicos en los puntos más desfavorables, como son las presiones los caudales manejados, entre otros.

Una vez finalizada la etapa de diseño se debe formalizar las propuestas, presentarlas a la comunidad y a los Ingenieros del Sistema Panamericano de HIDROCAPITAL a fin de su evaluación, aprobación y ejecución.

Limitaciones: El proyecto debe realizarse en 16 semanas (periodo semestral) pudiendo hacer una extensión de tiempo con una solicitud previa a la empresa HIDROCAPITAL.

Se debe contar con la disponibilidad del personal de HIDROCAPITAL, encargado de hacer los traslados al sector, ya que la comunidad de Barrio Miranda II se encuentra alejada de la sede del sistema Panamericano de HIDROCAPITAL. Por ser una zona popular y de alta peligrosidad las visitas al sector deben ser cortas y en los horarios establecidos, a pesar de que en todo momento la comunidad hará el acompañamiento respectivo es recomendable no excederse estos tiempos por medidas de seguridad.

Para el proyecto la empresa HIDROCAPITAL recomienda la utilización de los pozos construidos o la conexión a alguna tubería cercana al sector como fuente de abastecimiento.

Los resultados de las propuestas del proyecto son teóricos, no abarca las etapas de instalación ni de construcción del sistema, ya que esta etapa le corresponde a la empresa HIDROCAPITAL y a la comunidad involucrada.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Se ha realizado la revisión de los siguientes trabajos de grado para obtener una guía de la metodología a emplear en el desarrollo del proyecto

En el año 1989, Ramírez Juan y Sanoja Rafael, presentaron el trabajo de grado titulado **“Diseño de las estaciones de bombeo para la localidad de Rio Caribe”** ante la Universidad Central de Venezuela como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El principal objetivo del proyecto fue diseñar las estaciones de bombeos necesarias para el mejoramiento de la red de distribución de agua potable para la población de Rio Caribe. Se seleccionaron las bombas de la estación principal que captaban el agua desde seis (6) pozos y bombeaban al estanque principal que tiene una capacidad de 2500m³. Adicionalmente se calcularon las bombas de las estaciones de re-bombeo en la red de distribución debido a que por gravedad algunas zonas no eran abastecidas.

En el año 2009, López Raúl, presentó el trabajo de grado titulado **“Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable para las comunidades de Santa fe y Capachal, Píritu, estado Anzoátegui”** ante la Universidad de Oriente como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El objetivo principal del proyecto es diseñar un sistema de abastecimiento que satisfaga la necesidad de las comunidades de Santa fe y Capachal con respecto al suministro de agua potable. Se calculó el caudal que las poblaciones necesitan actual y a futuro para posteriormente seleccionar los equipos de bombeo necesarios, calcular el estanque de compensación y los diámetros de las tuberías que necesita el sistema.

Adicionalmente se simuló el sistema con el programa PIPEHASE 8.1 para verificar el funcionamiento del mismo.

En el año 2013, Alayón Leonardo, presentó el trabajo de grado titulado **“Evaluación de un sistema de abastecimiento de agua potable para los sectores, El Trabuco, Los Amarillos, Caña Larga y Finca Chacao, municipio Guaicaipuro, estado Miranda”** ante la Universidad Central de Venezuela como requisito para optar por el título de Ingeniero Mecánico.

El principal objetivo del proyecto fue evaluar la situación en la que se encuentra el sistema de abastecimiento actual, determinando así la necesidad de realizar una nueva configuración de la red y de la estación de bombeo. Se determinó las características del sistema, el número de unidades de bombeo, su capacidad así como también se verificó los efectos del golpe de ariete en caso de una falla en el suministro eléctrico.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Estimación de la población

Se interpreta como el número de personas que tiene o tendrá una población en un momento específico del tiempo. Tal número no es el producto de medición directa, pero para obtenerla, se tuvo en cuenta alguna información sobre la población. (Rincón, 1990).

2.2.2 Proyección poblacional

Es el resultado de un conjunto de estimaciones demográficas, matemáticas o de otro tipo, por medio de las cuales se busca establecer las tendencias más plausibles de las variables determinantes de la dinámica poblacional y, con ello, la derivación de los volúmenes de población y de sus principales características hacia el futuro. (Rincón, 1990).

2.2.3 Modelos para las proyecciones de población

Los diversos métodos de proyección y su utilización para una aplicación concreta tienen por objeto proporcionar, dentro de ciertos márgenes de error, las mejores indicaciones sobre lo que puede acontecer con el crecimiento y transformaciones estructurales de una población y/o de sus componentes. Todos los modelos se apoyan por lo regular en la extrapolación de las tendencias pasadas, y la experiencia de otras sociedades con situaciones similares; todo ello bajo el supuesto de que las condiciones del futuro se irán configurándose de manera ordenada a partir de la situación establecida para los momentos más recientes y de su pasado histórico. (Rincón, 1990). Entre los principales conjuntos de métodos se tiene:

2.2.3.1 Métodos matemáticos

Son aquellos métodos que permiten calcular la población apoyándose en la observación de las tendencias pasadas del crecimiento de la población y/o de sus componentes, utilizando dichas tendencias en la adopción de una función matemática, la misma que puede ser representada o ajustada a una línea recta, a una curva polinómica de segundo o tercer orden, a una curva exponencial simple o modificada. (Naciones Unidas, 1961).

Los métodos matemáticos más importantes según el mismo autor son los siguientes:

2.2.3.1.1 Método lineal

De acuerdo a este método, el crecimiento de la población sigue una trayectoria recta. Esto se verifica observando en la data histórica si ha habido un incremento constante en los últimos censos.

El cálculo de la población futura se realiza de acuerdo a la siguiente igualdad:

$$P_f = P_i + r * t_p \tag{1}$$

Dónde:

P_i : Población conocida para el año inicial

P_f : Población para el año final

t_p : Periodo de estimación ($t_f - t_i$)

r : Tasa de crecimiento poblacional

La tasa de crecimiento poblacional se define como:

$$r = \frac{P_f - P_i}{t_p} \quad (2)$$

Por lo general, este método se utiliza para proporciones en plazos de tiempo muy cortos, básicamente para obtener estimaciones de población a mitad de año.

2.2.3.1.2 Método Geométrico o exponencial

Un crecimiento de la población en forma geométrica o exponencial supone que la población crece a una tasa constante, lo que significa que aumenta exponencialmente en cada período de tiempo.

El crecimiento geométrico supone que la tasa de incremento es proporcional a la población y se describe a partir de la siguiente ecuación:

$$P_f = P_i(1 + r)^{t_p} \quad (3)$$

De donde se obtiene que la tasa de crecimiento poblacional:

$$r = \sqrt[t_p]{\frac{P_f}{P_i}} - 1 \quad (4)$$

Dónde:

P_i : Población conocida para el año inicial

P_f : Población para el año final

t_p : Periodo de estimación ($t_f - t_i$)

r : Tasa de crecimiento poblacional

2.2.4 Principios de mecánica de los fluidos aplicados a los sistemas de bombeo

2.2.4.1 Ecuación de la continuidad

Según GILES, Ranald, en el libro *mecánica de los fluidos e hidráulica* indica que la ecuación de la continuidad es una consecuencia del principio de conservación de la masa. Para un flujo permanente, la masa de fluido que atraviesa cualquier sección de una corriente de fluido, por unidad de tiempo, es constante. Esta puede calcularse como sigue:

$$\rho_1 A_1 V_1 = \rho_2 A_2 V_2 = \text{Constante} \quad (5)$$

Para fluidos incomprensibles y para todos los casos prácticos en que $\rho_1 = \rho_2$, la ecuación se transforma en:

$$Q = A_1 V_1 = A_2 V_2 = \text{constante (en m}^3/\text{s)} \quad (6)$$

Donde A_1 y V_1 son, respectivamente, el área de la sección recta en m^2 y la velocidad media de la corriente en m/s en la sección 1, con significado análogo en la sección 2.

2.2.4.2 Flujos de Fluidos Viscosos

Un flujo viscoso es aquel en el cual los efectos de los esfuerzos cortantes entre dos partículas de fluido que afectan el movimiento relativo entre ellas, es importante y no pueden despreciarse. Cualquier efecto viscoso que pudiera existir está confinado a una capa delgada, llamada capa límite, que está unida a la frontera.

Los flujos viscosos incluyen la amplia clase de los flujos internos, como los flujos en tuberías y conductos y canales abiertos. En tales flujos los efectos viscosos causan pérdidas sustanciales y explican las enormes cantidades de energía que hay que gastar para transportar petróleo y gas por tuberías, así como agua y otros líquidos viscosos.

2.2.4.3 Flujo Laminar

En el flujo laminar las partículas fluidas se mueven según trayectorias paralelas, formando junto a ellas capas o láminas. Los módulos de las velocidades de capas adyacentes no tienen el valor. El flujo laminar está gobernado por la ley que relaciona la tensión cortante con la velocidad de deformación angular, es decir la tensión cortante es igual al producto de la viscosidad del fluido por el gradiente de las velocidades.

La viscosidad del fluido es la magnitud física predominante y su acción amortigua cualquier tendencia a la turbulencia.

2.2.4.4 Número de Reynolds

El número de Reynolds es un parámetro adimensional, viene dado por el cociente de las fuerzas de inercia por las fuerzas debidas a la viscosidad de fluido. Para tuberías circulares, en flujo a tubería llena se tiene que

$$Re = \frac{V*d}{\nu} \quad (7)$$

Dónde:

V: Velocidad media en m/s

d: Diámetro interno de la tubería (m)

ν : viscosidad cinemática del fluido (m^2/s)

Para números de Reynolds menores a 2000 se considera que el flujo es laminar, y para número de Reynolds mayores a 4000 se considera el flujo como turbulento

2.2.4.5 Flujo turbulento

En el flujo turbulento las partículas fluidas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones. Es posible conocer la trayectoria de una partícula individualmente.

2.2.4.6 Ecuación de la energía

$$\frac{V_1^2}{2*g} + \frac{P_1}{\gamma} + z_1 = \frac{V_2^2}{2*g} + \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + hf \quad (8)$$

2.2.4.7 Pérdidas en Sistemas de Tuberías

Las pérdidas pueden dividirse en dos categorías: las debidas al esfuerzo cortante de pared en los elementos de las tuberías, y las debidas a los componentes de la tubería. Las primeras se distribuyen a lo largo de los elementos de la tubería. Las segundas se tratan como discontinuidades discretas en la línea de declive hidráulico y en la línea de nivel de la energía, y comúnmente se denominan pérdidas secundarias; se deben primordialmente a flujos separados o secundarios.

La cantidad de pérdida de altura o presión para un sistema dado depende de las características del líquido que se este manejando (densidad y viscosidad), así como también el tamaño de la tubería, rugosidad que este presente a lo largo de la superficie interior, caudal que se este manejando, entre otros. La rugosidad depende entonces del tipo de material y por supuesto de su acabado. Para efecto del cálculo cada material tiene su rugosidad determinada en laboratorio.

$$\frac{V_1^2}{2*g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{V_2^2}{2*g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + h_{f1-2} \quad (9)$$

Donde h_f es la altura correspondiente a la pérdida de carga por fricción por efecto de la viscosidad.

La expresión más comúnmente usada en la práctica es la ecuación de Darcy-Weisbach. Esta ecuación contempla que la pérdida por fricción en la tubería depende de ciertas condiciones como: rugosidad de la superficie interior de la tubería, velocidad del flujo, viscosidad y diámetro.

La ecuación de Darcy - Weisbach se expresa como sigue:

$$h_f = f * \frac{L}{d} * \frac{V^2}{2*g} \quad (10)$$

Dónde:

h_f : Pérdida por fricción (metros o pies de líquido).

L: Longitud de la tubería (m o ft).

d: Diámetro interior de la tubería (m o ft).

V: Velocidad promedio del flujo (m/s o ft/s)

g: Constante de gravedad (9.81 m/s²).

f: factor de fricción.

La ecuación de Darcy – Weisbach en función del caudal quedaría

$$h_f = f * \frac{L}{d} * \frac{8*Q^2}{\pi^2*g*d^4} \quad (11)$$

Para flujo laminar (Reynolds < 2000) la rugosidad o condición interior de la tubería no incide directamente en la pérdida de carga por fricción (excepto en secciones con cambios de dirección), el factor de fricción se obtiene mediante la ecuación:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (12)$$

Donde Re es el número de Reynolds.

Para flujo turbulento el factor de fricción se encuentra afectado por la rugosidad de las paredes interiores de la tubería y éste puede ser determinado por métodos numéricos con la ecuación implícita desarrollada por C.F Colebrook (1939):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon}{3.71 \cdot d} + \frac{2.51}{Re \cdot \sqrt{f}} \right) \quad (13)$$

Dónde:

Re: Número de Reynolds, adimensional.

f: Factor de fricción.

ε : Rugosidad absoluta de la tubería (mm).

d: Diámetro interior de la tubería (mm).

Las pérdidas localizadas de energía en conducciones resultan como consecuencia de la separación de la capa límite, ocasionada por las alteraciones en la geometría de los contornos. En razón de la complejidad cinemática y dinámica del régimen relacionado con la separación de la capa límite, se comprende que, casi invariablemente, la estimación de las pérdidas localizadas de energía deban conseguirse por la vía de la experimentación. Las pérdidas menores o localizadas se expresan en términos de un coeficiente de pérdida K , definido por:

$$h_a = k * \frac{V^2}{2*g} \quad (14)$$

En función del caudal quedaría:

$$h_a = k * \frac{8*Q^2}{\pi^2*g*d^4} \quad (15)$$

Los valores de k para las piezas especiales de uso más común en sistemas de distribución de agua han sido seleccionados después de realizar numerosos ensayos y corresponden a flujo turbulento completamente establecido.

Las pérdidas localizadas correspondientes a las siguientes condiciones y piezas especiales son las más utilizadas en este tipo de proyecto:

- Cambios en la dirección del flujo
- Codos o curva
- Cambios en los diámetros de las tuberías
- Expansiones graduales
- Contracciones graduales
- Pérdidas localizadas de energía en válvulas

2.2.4.8 Envejecimiento de las tuberías

Según MENDEZ, Manuel (1995), durante el período de servicio de una tubería, el grado de alteración que experimenta su rugosidad inicial dependerá de la calidad del agua transportada y de la naturaleza de la superficie del conducto. Esa alteración puede reducir la capacidad hidráulica del elemento de conducción, principalmente por el incremento del coeficiente de fricción y/o por la disminución sensible del área neta de flujo.

Los Principales factores que afectan la capacidad hidráulica de un conducto: sedimentación, crecimientos orgánicos, depósitos minerales, corrosión y tuberculización.

La Corrosión es un término que se utiliza para designar el deterioro interno o externo de las tuberías. Algunos factores que determinan la corrosión interna de los conductos: la composición físico-química del agua, principalmente caracterizada por el pH, la naturaleza y concentración del contenido mineral y los gases disueltos, el

diámetro de la tubería, la velocidad y la presión del flujo, la presencia de cierto tipo de bacterias, la temperatura del agua y el material de la tubería (superficie interna).

Diversas investigaciones experimentales simplifican el crecimiento de la rugosidad con un comportamiento lineal, según el cual, la rugosidad ϵ al cabo de T años, puede expresarse como:

$$\epsilon = \epsilon_{inicial} + \alpha * t \quad (16)$$

Dónde:

$\epsilon_{inicial}$: rugosidad inicial de la tubería

α : coeficiente de proporcionalidad

2.2.4.9 Régimen permanente

Los sistemas de conducción de fluidos están caracterizados por una operación estable o casi estable durante la mayor parte de sus períodos de funcionamiento y, por consiguiente, el respectivo régimen se clasifica como permanente. En este tipo de movimiento las ecuaciones fundamentales de la hidráulica se simplifican notablemente, y tanto más cuando se las refiere al régimen unidimensional, turbulento, de un líquido considerado como incompresible, que se verifica en un conducto de sección circular. (MENDEZ, Manuel, 1995)

2.2.4.9.1 Análisis de Redes de Tuberías

Las metodologías de cálculo se fundamentan en las siguientes ecuaciones:

- Continuidad:

$$Q = V \cdot A = \text{constant}$$

Energía:

$$E_1 + h_A - h_R - h_L = E_2 \quad (17)$$

Dónde:

h_A : Energía que se agrega al fluido con un dispositivo mecánico, como una bomba; es frecuente que se le denomine carga total sobre la bomba.

h_R : Energía que se remueve del fluido por medio de un dispositivo mecánico, como una turbina.

h_L : Pérdidas de energía del sistema por la fricción en las tuberías, y/o pérdidas menores por válvulas y otros accesorios.

Por lo general, los planteamientos formulados sobre la base de las ecuaciones anteriores originan sistemas de ecuaciones no lineales que se resuelven sin mayores dificultades utilizando métodos de cálculo numérico.

Los métodos más utilizados en el análisis de redes son los siguientes:

- Método Gráfico
- Métodos Numéricos
- Método Lineal o de las Características
- Método de Hardy Cross
- Método de Newton – Raphson

En el **método gráfico** se requiere determinar los siguientes aspectos:

1. Definir los nodos.
2. Definir las ecuaciones que describen el comportamiento de los ramales utilizando la ecuación de la energía y la ecuación de continuidad calculada para cada caso.
3. Determinar el punto de trabajo (sistema, ramales y bombas) gráficamente.

El **método lineal**, se realiza con la finalidad de analizar la red y determinar los caudales en cada tramo de la misma. Para ello es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Representar la red de acuerdo a las ecuaciones que la definen mediante el balance de energía
2. Linealizar las ecuaciones descomponiendo los términos de segundo orden $(Q_i)^2$ en el producto de un valor discreto Q'_i y la variable de caudal Q_i , es decir:

$$(Q_i)^2 = |Q'_i| \cdot Q_i \quad (18)$$

3. Suponer una estimación inicial de los flujos Q'_i en cada tubería cumpliendo con la condición de continuidad.

4. Resolver el sistema de ecuaciones linealizadas.
5. Actualizar los caudales en cada tubo Q_i .
6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta que se logre la exactitud deseada.

Para analizar una red mediante el **método de Hardy Cross**, los pasos generales a seguir son los siguientes:

1. Plantear las ecuaciones que definen a cada tramo de la red.
2. Definir un ajuste de flujo δQ para cada ciclo.
3. Suponer una estimación inicial de los caudales de tránsito de cada tramo que satisfaga la continuidad (6).
4. Para cada ciclo o camino, evaluar el caudal correctivo δQ con la siguiente ecuación:

$$\delta Q = \frac{-\sum (K)_i \cdot Q_i \cdot (|Q_i|)^{n-1}}{\sum n \cdot |K_i \cdot (Q_i)^{n-1}|} \quad (19)$$

5. Actualizar los flujos en cada tubo de todos los ciclos sumando algebraicamente el caudal correctivo δQ a los caudales de tránsito correspondientes:

$$Q_i = Q_{o_i} + \sum \delta Q \quad (20)$$

6. Repetir los pasos 4 y 5 hasta conseguir la exactitud deseada.

2.2.4.10 Régimen Transitorio

Según MENDEZ, Manuel (1995), las ecuaciones descriptivas del movimiento transitorio en tuberías a presión deben formularse tomando en cuenta las características que definen este tipo de movimiento admitiendo la variabilidad temporal de las magnitudes del flujo y la elasticidad del líquido y del conducto.

Tales ecuaciones son las de continuidad y movimiento. Para este caso de flujo, dentro del enfoque unidimensional de análisis, y con la limitación de ser aplicables a líquidos y a conductos circulares de propiedades únicas y poco elásticos, las respectivas ecuaciones adoptan las formas siguientes:

- Ecuación de la Continuidad:

$$V \cdot \frac{dh}{dx} + \frac{dh}{dt} + V \cdot \text{sen} \alpha_t + \frac{a^2}{g} \cdot \frac{dV}{dx} = 0 \quad (21)$$

En la cual:

V: Velocidad media del flujo

α_t : Ángulo de inclinación de la tubería

h: Altura piezométrica

g: Constante de gravedad

x: Dirección del movimiento

a: Velocidad de propagación de las magnitudes del flujo

t: Tiempo

- Ecuación Dinámica del Movimiento:

$$\frac{dh}{dx} + \frac{V}{g} \cdot \frac{dV}{dx} + \frac{1}{g} \cdot \frac{dV}{dt} + f \cdot \frac{V \cdot |V|}{2g \cdot D} = 0 \quad (22)$$

En esta ecuación f es el coeficiente de fricción de Darcy-Weisbach y la expresión cuadrática en el término que evalúa los efectos de la fricción se descompone de esta forma para que ese término invierta su signo cuando lo haga la velocidad en la evolución del régimen transitorio.

- Velocidad de Propagación de las Ondas Elásticas o Perturbaciones de las Magnitudes de Flujo:

$$a = \sqrt{\frac{\frac{E}{\rho}}{1 + \frac{E \cdot D}{Ec \cdot e}}} \quad (23)$$

En la cual:

a: Velocidad de propagación de las perturbaciones

E: módulo de elasticidad del líquido

Ec: módulo de elasticidad del material del conducto

ρ : densidad del agua

D: diámetro del conducto

e: espesor del conducto

C: factor de colocación de la tubería

Las ecuaciones anteriores conforman un sistema de ecuaciones en derivadas parciales no lineales, cuya integración analítica, sujeta a condiciones de contorno, o es imposible o excesivamente compleja. Se utilizan, entonces, procedimientos numéricos orientados a la definición de las funciones:

$$V = f(x,t) \tag{24}$$

$$h = g(x,t) \tag{25}$$

Que constituyen la solución al régimen transitorio.

De una manera aproximada, los efectos transitorios en un sistema de conducción mediante tuberías a presión pueden caracterizarse por los siguientes parámetros:

$$\xi = \frac{a \cdot V_o}{g \cdot h_o} \quad (26)$$

$$\tau_o = \frac{T_v}{\left(\frac{2 \cdot L}{a}\right)} \quad (27)$$

En estas expresiones: a es la velocidad de propagación de onda; V_o y h_o son los valores de la velocidad y de la altura piezométrica relacionados con el régimen permanente; T_v es un tiempo indicativo de la rapidez de los cambios en las condiciones de borde del sistema de conducción que originan el régimen transitorio; y L es la longitud del conducto. En general, los efectos de este tipo de movimiento serán tanto más severos cuanto mayor sea el parámetro ξ y menor τ_o .

En el cálculo de la celeridad de las ondas elásticas, ecuación, el factor de colocación de la tubería C , depende de las restricciones en la tubería y de su tipo, y se define de acuerdo con las siguientes indicaciones:

- Tubería de acero o de plástico con juntas de soldadura en toda su extensión, anclada de forma tal que mantiene constante su longitud.

$$C = 1 - \mu^2 \quad (28)$$

Donde

μ representa la relación de Poisson.

- Tubería de acero con juntas mecánicas, o soldadas pero con frecuentes juntas de expansión, de longitud constante; tuberías de asbesto-cemento; de hierro fundido dúctil, de plástico, todas estas últimas con juntas que no admitan esfuerzos longitudinales y que absorban pequeñas deformaciones axiales. $C = 1$.
- Tuberías de acero con juntas de soldadura a todo lo largo de su eje y colocadas de forma tal que no se restringe la deformación axial global:

$$C = \frac{5}{4} - \mu \quad (29)$$

.2.4.10.1 Golpe de Ariete

El informe de la Cátedra de Ingeniería Rural de la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Agrícola de Ciudad Real, indica que el fenómeno del golpe de ariete, también denominado transitorio, consiste en la alternancia de depresiones y sobrepresiones debido al movimiento oscilatorio del agua en el interior de la tubería, es decir, básicamente es una variación de presión, y se puede producir tanto en impulsiones como en abastecimientos por gravedad.

Por lo tanto el correcto estudio del golpe de ariete es fundamental en el dimensionamiento de las tuberías, ya que un cálculo erróneo puede conducir a:

1. Un sobredimensionamiento de las conducciones, con lo que la instalación se encarece de forma innecesaria.
2. Tubería calculada por defecto, con el consiguiente riesgo de que se produzca una rotura.

2.4.10.1.1 Método de Allievi para el Cálculo de Golpe de Ariete

Su aplicación tradicionalmente se limita al análisis de golpe de ariete ocasionado por el accionamiento de una válvula instalada en el extremo aguas debajo de una tubería de diámetro constante que se alimenta de un estanque aguas arriba, cuyo nivel permanece invariable con el tiempo.

El caso más desfavorable de golpe de ariete para la configuración antes descrita lo representa el cierre completo de la válvula en tiempos menores o iguales al tiempo de fase y resulta el conocido valor extremo de sobrepresión:

$$H_a = \frac{a \cdot V_o}{g} \quad (30)$$

En donde V_o es la velocidad del régimen permanente.

El tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación:

$$t_o = \frac{2*L}{a} \quad (31)$$

Donde L es la longitud total de la tubería.

2.2.5 Servicios básicos

Se entiende por servicios a la población todos los servicios prestados directa o indirectamente a las personas y/o las familias, que satisfacen necesidades individuales o colectivas de carácter económico, social o cultural. Abarca principalmente los servicios económicos básicos, como el suministro de agua y electricidad para uso doméstico, la recogida de basuras domésticas, el tratamiento de las aguas residuales, etc. (UNICEF, 2000)

2.2.5.1 Servicio de agua potable

Servicio público que comprende una o más de las actividades de captación, conducción, tratamiento y almacenamiento de recursos hídricos para convertirlos en agua potable y sistema de distribución a los usuarios mediante redes de tuberías o medios alternativos.

2.2.6 Agua potable

Agua Potable se dice a aquella que llega a los hogares libre de toda impureza, incolora e inodora, es decir en condiciones sanitarias apropiadas para el consumo humano. Se identifica el *acceso al agua potable* como uno de los cuatro (4) servicios básicos más indispensables que debe poseer una vivienda, e indican que es una de las variables fundamentales en la medición de la calidad de vida de la población. (SEDESOL, 2011)

2.2.7 Fuentes de abastecimiento de agua

Las fuentes de abastecimiento de agua constituyen el elemento primordial en el diseño de un acueducto y previo a cualquier paso debe definirse su tipo, cantidad,

calidad y ubicación. (AROCHA, Simón, 1979). De acuerdo a la forma de aprovechamiento, se consideran dos tipos principales definidos por el mismo autor:

2.2.7.1 Aguas superficiales

Las aguas superficiales, constituidas por ríos quebradas y lagos, requieren para su utilización de información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad del agua. Algunas características de estas son:

- Aportan mayores caudales.
- Causales variables.
- No siempre precisan bombeo.
- Generalmente la captación debe hacerse distante al sitio de consumo.
- Costos de bombeos relativamente bajos.

2.2.7.2 Aguas subterráneas

Las aguas contenidas en los espacios vacíos o intersticios de los suelos y rocas de la corteza terrestre son las llamadas aguas subterráneas. Ellas constituyen parte del ciclo hidrológico, de modo que para lograr su aprovechamiento, es necesario conocer su movimiento en el subsuelo y la magnitud de las cantidades aprovechables. Algunas características son:

- Generalmente disponen de caudales bajos.
- Poca variabilidad del caudal.
- Generalmente requieren bombeo.
- Cercanía al sitio de utilización.
- Costos de bombeo más altos

2.2.8 Método de Aforo

Es necesario medir la cantidad de agua de las fuentes, para saber la cantidad de población para la que puede alcanzar. El aforo es la operación de medición del volumen de agua en un tiempo determinado. Esto es, el caudal que pasa por una

sección de un curso de agua. El valor del caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario con la finalidad de cubrir la demanda de agua de la población futura. Lo ideal sería que los aforos se efectúen en las temporadas críticas de los meses de estiaje (los meses secos) y de lluvias, para conocer caudales mínimos y máximos.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos en zonas rurales son los métodos volumétrico y de velocidad-área. El primero es utilizado para calcular caudales hasta con un máximo de 10 lts./seg. y el segundo para caudales mayores a 10 lts./seg. (BARRIOS. Carlos, 2009).

2.2.9 Calidad de Agua

La calidad del agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Para determinar la calidad del agua se toman muestras de cantidades pequeñas de agua en un medio que a posteriori se puede analizar en un laboratorio. Los laboratorios analizan estas muestras según varios factores, y ven si está dentro de los estándares de la calidad para el agua. Uno de estos factores es el número de bacterias de colonias coliformes; estas son un indicador para la calidad del agua para beber. Otro factor es la concentración de ciertos contaminantes y de otras sustancias, tales como agentes de la eutrofización. (Serrano, Jesús; 2009). Este define los tipos de análisis formas de tratamiento:

2.2.9.1 Análisis Cualitativos del agua:

Para determinar la necesidad y la correcta tecnología de tratamiento, los contaminantes específicos en el agua deben ser identificados y medidos. Estos se pueden dividir en dos grupos: contaminantes disueltos y sólidos suspendidos, tales como limo o arena, generalmente son responsables de impurezas visibles. La materia suspendida consiste en partículas muy pequeñas, que no se pueden quitar por medio de deposición. Pueden ser identificadas con la descripción de características

organolépticas del agua que sin visibles, incluyendo turbidez y claridad, gusto, color y olor del agua.

2.2.9.2 Análisis cuantitativos:

La calidad del agua también se puede determinar por una serie de análisis cuantitativos en laboratorio, tales como pH, sólidos totales (ST), la conductividad y la contaminación microbiana, que permite la identificación y cuantificación de contaminantes disueltos y se determinan por métodos específicos llevados a cabo en laboratorios, porque estos contaminantes se asocian a riesgos para la salud.

2.2.10 Tipos de tratamientos:

2.2.10.1 Sedimentación:

El tratamiento de agua potable sigue generalmente al proceso de coagulación y de la floculación química, que permite agrupar partículas juntas en los folículos de un tamaño más grande. Esto incrementa la velocidad en que se asientan los sólidos suspendidos en el fondo, facilitando la limpieza y extracción de las partículas en suspensión.

2.2.10.2 Coagulación y floculación

Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. La coagulación, se agrega una substancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse una de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante.

2.2.10.3 Rejas de desbaste

Se realiza con rejas formadas por barras verticales o inclinadas que interceptan el flujo de la corriente de agua del río en el canal de entrada a la planta de

potabilización. Su función es retener y separar los sólidos más voluminosos, para evitar las obstrucciones en los equipos.

2.2.10.4 Filtro de grava

Un filtro de grava consiste en dos o más módulos operados en paralelo con un flujo descendente, donde cada unidad es empacada con lechos de grava de granulometrías variables en el rango de gruesas en el fondo a más finas en la superficie. La grava de mayor tamaño origina grades áreas superficiales dentro del lecho filtrante y por consiguiente valores bajos en carga superficial, favoreciendo el proceso de sedimentación como mecanismo predominante en el filtrado del material sólido.

2.2.10.5 Aireación

Este proceso consiste en el mezclado del agua con el aire de manera que se consiga su oxigenación. Así el agua, de esta manera, pierde acidez (debida al dióxido de carbono que puede estar disuelto en ella) y reduce sabores y colores no deseados debidos a la presencia de hierro o gases disueltos en el agua. El método más sencillo de aireación consiste en construir una especie de torre con tablas de madera o de plástico que sirvan para romper la caída del agua. Con lo cual, al estar mayor superficie de agua en contacto con el aire, ésta absorbe mayor cantidad de oxígeno.

2.2.10.6 Filtro lento de agua:

Un filtro lento de agua es un tanque grande con un drenaje en la parte de abajo, que está cubierto por una capa base de gravilla y, por encima de ésta, una capa mayor de arena de filtrado. El filtro funciona reteniendo el agua mecánicamente cuando esta pasa a través de la arena y, además atacando biológicamente las impurezas orgánicas puesto que en las bases arenosas y de gravilla se crea una especie de limo constituido por bacterias que se alimentan de impurezas orgánicas que se encuentran en el agua.

2.2.10.7 Cloración

La cloración ha desempeñado durante casi un siglo una función crítica al proteger los sistemas de abastecimiento de agua potable de las enfermedades infecciosas transmitidas por el agua. La exposición al cloro parece causar alteraciones físicas, químicas y biológicas en la pared de la célula, destruyendo así su barrera protectora, con lo que concluyen las funciones vitales y se produce la muerte del microorganismo.

2.2.11 Criterios básicos para el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable

Es el conjunto de tuberías, instalaciones y accesorios destinados a conducir las aguas requeridas bajo una población determinada para satisfacer sus necesidades, desde su lugar de existencia natural o fuente hasta el hogar de los usuarios. El sistema de abastecimiento de agua se clasifica dependiendo del tipo de usuario, el sistema se clasificara en urbano o rural. (Serrano, Jesús; 2009). Estos sistemas están compuestos por diferentes elementos, cada uno de los cuales estará afectado por diferentes coeficientes de diseño en función del papel que cumplen dentro del sistema. Según AROCHA, Simón, las características que conforman los criterios del diseño son:

2.2.11.1 Cifras de Consumo de Agua

El conocimiento cabal de esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de estructuras funcionales, dentro de los lapsos económicamente aconsejables. Mediante investigaciones realizadas, se ha llegado a aproximaciones que hacen cada vez más precisas las estimaciones sobre consumos de agua. Las normas basadas en algunas investigaciones propias y apoyadas en las de otros países, asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación, y en otros casos las características de la población, expresándolas en lts/día/parc, lts/persona/día, o en caso de industrias, en función del tipo y la unidad de producción. Estas cifras conducen a la determinación de un gasto o consumo medio, lo cual ha de constituir la base de todo diseño, requiriéndose, por tanto un conocimiento cabal de estas estimaciones. Los factores que afectan el consumo son:

- Tipo de Comunidad
- Factores Económicos-Sociales
- Factores Meteorológicos
- Tamaño de la comunidad

Por tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones.

2.2.11.2 Periodo de diseño

Un sistema de abastecimiento de agua se proyecta a modo de atender las necesidades de una comunidad durante un determinado periodo. En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable

2.2.11.3 Variaciones periódicas de los consumos e influencia sobre las diferentes partes del sistema

Con respecto a los consumos de un sistema de abastecimiento se tiene lo siguiente:

- Se debe suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente, a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo.
- Se debe conocer el funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en los consumos de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el período de diseño previsto.
- Los consumos de agua de una localidad muestran variaciones estacionales, mensuales, diarias y horarias que pueden expresarse en función (%) del consumo medio (Q_m).
- Las comunidades demandan menores cantidades de agua del acueducto que en épocas de sequía.

- Durante una semana cualquiera ocurren días de máximo consumo (generalmente lunes) y días de mínimo consumo (generalmente el domingo).
- Durante un día cualquiera los consumos de agua presentarán variaciones hora a hora, mostrándose horas de máximo y de mínimo consumo.

2.2.11.3.1 Consumo Medio Diario

Adoptado un criterio para las dotaciones per. Cápita, la determinación del consumo medio (Q_m), expresado en l/s, que ha de constituir la base del diseño, se hará para la población futura proyectada en el período de diseño económico que se establezca. Por tanto, la estimación del desarrollo poblacional, característica particular de cada localidad, debe ser calculada por el método que se considere más conveniente.

El consumo medio diario (Q_m) puede ser obtenido:

- Como la sumatoria de las dotaciones asignadas a cada parcela en atención a su zonificación, de acuerdo al plan regulador de la ciudad.
- Como el resultado de una estimación de consumo per. cápita para la población futura del período de diseño.
- Como el promedio de los consumos diarios registrados en una localidad durante un año de mediciones consecutivas.

Para determinar el consumo medio diario (Q_m) expresado en litros por segundo, se utiliza la siguiente ecuación:

$$Q_m = \frac{\text{Población} \cdot \text{Dotación}}{86400} \quad (32)$$

2.2.11.3.2 Consumo Máximo Diario

Se define el consumo máximo diario, como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días de un año. Este valor, relacionado con el consumo medio, ha permitido establecer constantes de diseño apoyado en diversas investigaciones hechas.

Puede entonces establecerse la relación:

$$Q_{\text{máx_diario}} = K_1 \cdot Q_m \quad (33)$$

Dónde:

$$K_1 = 1,2 - 1,6$$

Q_m = consumo medio en litros por segundo

2.2.11.3.3 Consumo Máximo Horario

El consumo máximo horario, se define como la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. Éste está relacionado respecto al consumo medio (Q_m) mediante la expresión:

$$Q_{\text{máx_horario}} = K_2 \cdot Q_m \quad (34)$$

Las Normas INOS establece que El Consumo Máximo Horario debe suponerse como 200 por ciento del consumo diario promedio anual cuando la población de la ciudad sea 100.000 mil ó más, cuando la población es mil ó menos debe suponerse como el 275 por ciento del consumo diario promedio anual. Para ciudades con población entre estos dos extremos el consumo máximo horario puede obtenerse por medio de la fórmula siguiente:

$$K_2 = 275 - 0,75 * X \quad (35)$$

En la cual, X es la población en miles de habitantes y $Q_{\text{máx-horario}}$ es el consumo máximo horario en porcentaje del promedio anual.

2.2.11.3.4 Factor para el Caso de Incendios

Debe contemplarse esta condición para lo cual debe determinarse el factor K_3 , en base de un análisis de probabilidad de ocurrencia de un incendio con distintas horas de consumo más el gasto requerido para atender la contingencia de incendio.

$$Q_I = K_3 \cdot Q_m + Inc \quad (36)$$

Este factor K_3 dependerá del rango de confianza deseado. Un factor K_3 razonable se estima entre 1,5 y 1,8. Las Normas INOS establecen: “Debe hacerse un análisis del sistema en la demanda correspondiente a 180 por 100 del consumo promedio anual, más la demanda de incendio”.

- 10 (l/s): zona residencial unifamiliar de viviendas aisladas.
- 16 (l/s): zona residencial, comercial o mixta con 120 por 100 de área de construcción aisladas o construcciones unifamiliares continuas.

- 32 (l/s): zona industrial, de comercio, viviendas con áreas de construcción mayores de 120 por 100 y áreas de reunión pública como iglesias, cines, teatros, graderíos para espectadores, etc.
- No se exigirá dotación de incendio en parcelamiento con un promedio igual a 4 lotes por hectárea, o menor, destinados a viviendas unifamiliares aisladas.

2.2.12 Estanque de Almacenamiento:

Juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como en su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el almacenamiento de un servicio eficiente. (AROCHA, Simón, 1979). Según el autor un estanque de almacenamiento tiene tres propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener las presiones del servicio en la red de distribución.
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia.

2.2.12.1 Tipos de Estanques

Según AROCHA, Simón, en su libro *Abastecimientos de Aguas, Teoría y Diseño*, “los estanques de almacenamiento pueden ser construidos directamente sobre la superficie del suelo o sobre torre cuando por razones de servicio se requiera elevarlos”. Así se tiene:

2.2.12.1.1 Estanques superficiales

Son generalmente de concreto armado, de forma rectangular y dividido en varias celdas para facilita su limpieza; o de forma cilíndrica.

2.2.12.1.2 Estanques elevados

Se construyen metálicos o de concreto y sus diseños en muchos casos atienden a razones ornamentales, pudiendo constituir junto con otros elementos del acueducto un atractivo sitio recreacional

2.2.13 Red de distribución

La red de distribución está considerada por todo el sistema de tuberías desde el tanque de distribución hasta aquellas líneas de las cuales parten las tomas o conexiones domiciliarias. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005). AROCHA, Simón, en su libro *Abastecimientos de Aguas, Teoría y Diseño*, expresa que “la importancia en esta determinación radica en poder asegurar a la población el suministro eficiente y continuo de agua en cantidad y presión adecuadas durante todo el periodo de diseño.

2.2.13.1 Tipos de redes

Dependiendo de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque, puede determinarse el tipo de red de distribución. (ARROCHA, Simón, 1979). Se definen a continuación:

- Tipo ramificado: Son redes de distribución constituidas por un ramal troncal y una serie de ramificaciones o ramales que pueden constituir pequeñas mallas, o constituidos por ramales ciegos. Este tipo es utilizado cuando la topografía es tal que dificulta, o no permite la interconexión entre ramales. También puede originarse por el desarrollo lineal a lo largo de una vía principal o carretera, donde el diseño más conveniente puede ser una arteria central con una serie de ramificaciones para dar servicio a algunas calles que han crecido convergiendo a ella.
- Tipo mallado: Son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Este tipo de red de distribución es el más conveniente y tratará siempre de lograrse mediante la interconexión de las tuberías, a fin de creas un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente En el dimensionado de una res mallada se trata de encontrar los gastos de

circulación de cada tramo, para lo cual nos apoyamos en algunas hipótesis estimativas de los gastos en los nodos.

2.2.14 Bombas

Las bombas más frecuentemente usada en el abastecimiento de agua son las bombas centrífugas, horizontales y verticales, y las bombas sumergibles. El proyectista de acuerdo a la característica del proyecto, seleccionará el tipo de bomba más adecuado a las necesidades del mismo. (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2005).

2.2.14.1 Bombas centrífugas horizontales

Son equipos que tiene el eje de transmisión de la bomba en forma horizontal. Tienen ventaja de poder ser instaladas en un lugar distinto de la fuente de abastecimiento, lo cual permite ubicarlas en lugares secos, protegidos de inundaciones, ventilados, de fácil acceso, etc.

Este tipo de bomba se debe emplear en cisternas, fuentes superficiales y embalses. Por su facilidad de operación y mantenimiento es apropiado para el medio rural. Su bajo costo de operación es una ventaja adicional. De acuerdo a las variantes constructivas, estos equipos pueden ser clasificados en los siguientes:

2.2.14.2 Bombas centrífugas verticales

Son equipos que tienen el eje de transmisión de la bomba en forma vertical sobre el cual se apoya un determinado número de impulsores que elevan el agua por etapas. Deben ubicarse directamente sobre el punto de captación, por lo cual casi se limita su uso a pozos profundos.

Estas bombas se construyen en diámetros pequeños, a fin de poder introducir las perforaciones de los pozos, los cuales exigen diámetros pequeños por razones de costo.

2.2.14.3 Bombas sumergibles

Son las bombas que tienen la bomba y el motor acoplados en forma compacta, de modo que ambos funcionan sumergidos en el punto de captación; se emplean casi exclusivamente en pozos muy profundos, donde tienen ventaja frente al uso de bombas de eje vertical.

Estas bombas tienen la desventaja de poseer eficiencia relativamente baja, por lo cual, aun cuando su costo puede ser relativamente bajo, el costo de operación es elevado por su alto consumo de energía.

2.2.14.4 Parámetros de las Bombas

Los parámetros asociados a la operación normal de las unidades de bombeo son los siguientes:

- Caudal o gasto de bombeo: es el volumen de líquido que fluye a través de la bomba en una unidad de tiempo.
- Carga dinámica total o altura total de bombeo:
 - *Carga estática*: distancia vertical entre el nivel mínimo de las aguas de captación y la cota de rebose en el tanque o sitio de descarga.
 - *Pérdidas de carga en la tubería*: están representadas por las pérdidas de presión debido a la fricción generada en las paredes de las tuberías.
 - *Pérdidas menores*: accesorios como cambios de dirección, válvulas, etc., generan pérdidas localizadas de carga a lo largo de la línea de bombeo.
- Potencia Útil: es la potencia hidráulica suministrada al fluido por la bomba y se calcula con la expresión:

$$P_u = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (37)$$

- Rendimiento o Eficiencia: representa la relación entre la potencia que recibe la bomba P_b y la potencia que esta entrega al fluido P_u , siendo esta última menor que la primera. La relación es la siguiente:

$$\eta = \frac{P_u}{P_b} \quad (38)$$

- Potencia: se refiere a la potencia en el eje de transmisión requerida por la bomba en un determinado punto de trabajo. Se expresa mediante la ecuación:

$$P_b = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (39)$$

- Velocidad de Rotación: es la velocidad de angular de los elementos giratorios del conjunto motobomba.

2.2.15 Válvulas

Las válvulas son elementos que se colocan en las tuberías como auxiliares para la adecuada operación, mantenimiento y seguridad en los sistemas de conducción de fluidos. La clasificación más común de las válvulas según su función es la siguiente:

2.2.15.1 Válvulas de paso

También denominadas de reparación, tienen como objetivo permitir o interrumpir la totalidad del flujo en la tubería y, por lo general, su accionamiento se realiza en situaciones relacionadas con el mantenimiento o emergencias en los sistemas de conducción de fluidos. Entre las más comunes:

- **Válvulas de compuerta**: El elemento de cierre de este tipo de válvula es una compuerta de forma rectangular o circular, cuyos planos extremos pueden ser paralelos o de cuña. En el proceso de apertura o cierre, la compuerta se desliza a través de ranuras o guías, practicadas en el cuerpo de la válvula. El elemento de cierre puede ser accionado mediante un eje de transmisión a tracción o rotatorio, según el modelo.
- **Válvulas de mariposa**: El elemento de cierre de este tipo de válvulas está constituido por una placa circular, la cual gira alrededor de un eje, generalmente ubicado en un plano horizontal, y acoplado al mecanismo de accionamiento solidario al cuerpo de la válvula.

2.2.15.2 Válvulas reguladoras

Este tipo de válvulas tiene como finalidad la regulación o el control de diversas magnitudes hidráulicas en los sistemas de conducción de fluidos, principalmente la presión y el caudal mediante un proceso de disipación de energía. Entre las más utilizadas están las siguientes:

- **Válvulas de Globo:** Las válvulas de globo están caracterizadas por un elemento obturador circular, solidario a un vástago de desplazamiento, generalmente vertical, el cual cierra contra un asiento de igual geometría, contenido en el cuerpo de la válvula, y perpendicular al eje de la tubería. El flujo en su paso a través de la válvula cambia su dirección en 90°, para luego retornar al alineamiento original.
- **Válvulas de Paso Anular:** El obturador de este tipo de válvula está constituido por un órgano que transforma la sección de flujo circular a una superficie anular. Ese elemento, de forma fluido-dinámica, es accionado bien sea por un vástago de manivela o por un eje de transmisión roscado. Su movimiento es en la misma dirección que el flujo, verificándose el cierre mediante el empuje del émbolo contra un asiento circular de la válvula, solidario a un cuerpo.
- **Válvulas de Esfera y Cono:** En este tipo de válvulas el obturador es de forma esférica o cónica, provista de una perforación en forma cilíndrica del mismo diámetro de la tubería. En posición de completa apertura, la superficie de paso es igual a la correspondiente en la tubería, y sus componentes, muy robustos, las habilita para resistir severas sollicitaciones hidromecánicas.

2.2.15.3 Válvulas para el Control Direccional del Flujo

El diseño mecánico de estas válvulas es tal que admiten flujo en una sola dirección, y entre los diversos tipos disponibles, las más comunes son la de retención a clapeta basculante y las válvulas de pie. Las válvulas para el control direccional del movimiento, impiden el vaciado de tanques en las líneas de flujo, y la giración inversa de moto-bombas cuando ella debe evitarse, o garantizan el cebado de las tuberías de succión en ciertas estaciones de bombeo con unidades verticales.

- Válvulas de Retención: Entre los diversos tipos de válvulas para el control de direccional de flujo, o de retención, se describe el modelo más común, el cual está constituido por una placa circular, articulada al cuerpo de la válvula mediante un eje tangencial generalmente horizontal. Bajo condiciones normales de operación, el elemento de cierre es sostenido por la acción hidrodinámica del flujo. Una vez que se interrumpe el movimiento, la compuerta cae por efecto de su propio peso, o ayudada por un contrapeso.

2.2.15.4 Válvulas Complementarias del Servicio de Acueductos

- Válvulas de Admisión y Expulsión de Aire
- Válvulas de Descarga o de purga para el Vaciado de Tuberías

2.2.16 Motor Eléctrico

El elemento más utilizado para el accionamiento de bombas centrífugas es el motor eléctrico de corriente altera trifásico. Este transforma la energía eléctrica en energía mecánica, la transmite al eje de la bomba mediante un par o torque, que luego la bomba lo transforma en energía hidráulica.

Los motores eléctricos trifásicos de corriente alterna más comunes para esta aplicación pueden ser de dos tipos, sincrónicos y asincrónicos.

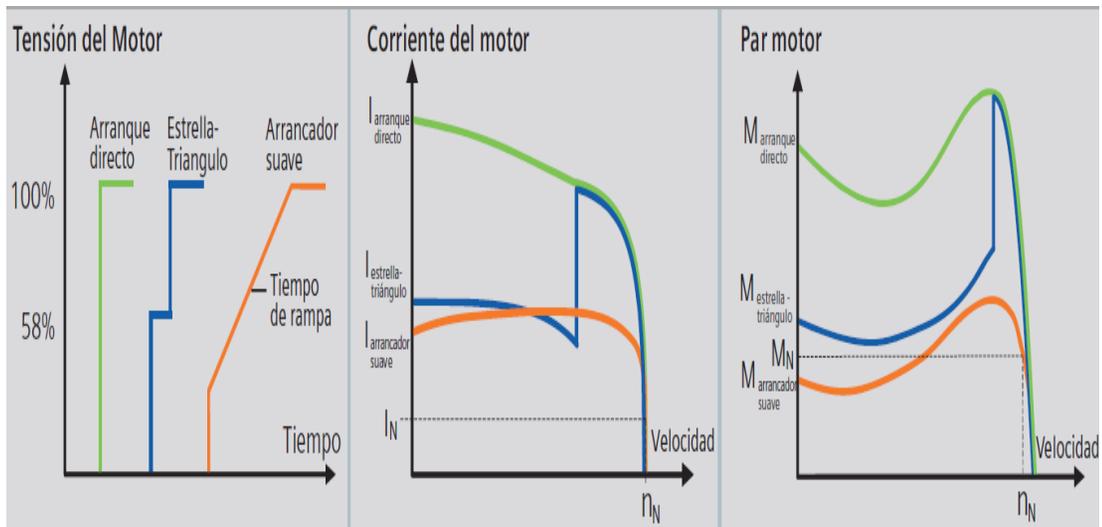
Entre los modos de arranques del motor trifásico asincrónico se encuentran:

- Arranque directo: Es el modo de arranque más sencillo, pero absorbe elevadas corrientes en el momento de conectarlo a la red, equivale a 6 veces el valor de la intensidad nominal, lo cual se traduciría en devanados eléctricamente más robustos, dispositivos de control y protección de mayor rango, encareciendo los costos.
- Arranque estrella triángulo: La característica principal para ejecutar el arranque de un motor en configuración estrella-triángulo es que cada una de las bobinas sea independiente y sus extremos sean accesibles desde la placa del motor. La secuencia de arranque comienza en configuración estrella, generando una tensión

en cada una de las bobinas del estator $\sqrt{3}$ veces menor que la nominal, con una reducción proporcional de la corriente nominal (I_N).

- Arranque suave: El arrancador suave permite un aumento continuo y lineal del par motor y ofrece la posibilidad de una reducción selectiva de la corriente de arranque. La tensión del motor se incrementa a partir de una tensión inicial y un tiempo de rampa de aceleración, hasta llegar a la tensión nominal del motor. El arrancador también puede controlar la rampa de parada mediante la reducción de la tensión.

En la siguiente figura se comparara los tres modos de arranque mencionados, en relación de la tensión del motor, la corriente del motor y el par motor



CAPITULO III

3. MARCO METODOLOGICO

3.1 Tipo de Investigación

Con el fin de obtener resultados confiables que puedan alcanzar los objetivos establecidos, es necesario adoptar una metodología adecuada conforme con el tipo de investigación a realizar.

El siguiente trabajo especial de grado se desarrollará bajo el esquema de investigación de campo de tipo descriptiva, ya que se realizará un análisis sistemático de las variables hidráulicas que se observaran directamente en campo, acompañado de un proceso de documentación que se dio a cabo antes, durante y después de la realización de las mediciones pertinentes.

En el proceso de análisis se pretendió no sólo arrojar resultados que cumplieran con las pautas necesarias para el buen funcionamiento del sistema propuesto, sino también el estudio de aquéllos aspectos que ayudarían a entender con más detalle un sistema de abastecimiento de agua potable, a fin de realizar un aporte práctico no perecedero para investigaciones futuras.

La problemática en el servicio de agua potable correspondiente a la comunidad del presente estudio es una realidad fácilmente verificable. El siguiente proyectó se realizó dentro de un marco claramente factible, buscando propuestas en el diseño adaptadas a las realidades vividas en las instalaciones y operación de los acueductos existentes en Venezuela, principalmente en aspectos tales como presiones de descarga en las viviendas, trabajos de implementación del sistema de tuberías, costos para la obra, entre otros. Los resultados que se expresan en este proyecto buscan una mejora real y consistente en el abastecimiento de agua potable de los pobladores del sector, con propuestas detalladamente explicadas para su entrega a las compañías encargadas de la ejecución de la obra.

3.2 Área de Investigación

El estudio está enmarcado en la zona que corresponde a la comunidad de Barrio Miranda II, Municipio Guaicaipuro, Estado Miranda, ubicada aproximadamente en el kilómetro 27 de la carretera panamericana. Colinda con los sectores los Alpes, Barrio Miranda, Brisas de palo alto y con el club Cumbre Azul (Figura 1).

El sector posee una topografía que varía desde los 1.242 hasta los 1.311 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) y está dividido por cinco (5) subsectores: Unión Nueva Esperanza, Terrazas de Miranda, Los Planes y Terrazas de Canaán.

Figura 1. Ubicación geográfica de Barrio Miranda II



Fuente: Google Inc.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Buscando obtener la información necesaria para el análisis del sector se empleó la técnica de observación directa en campo. Este método permite la

recolección de datos originales que después de su análisis, arrojan resultados adaptados a la realidad en el escenario físico.

El proceso de recolección de datos fue llevado a cabo con el empleo de instrumentación de tipo técnico y de tipo demográfico. Para el primer tipo se utilizaron los instrumentos de medición topográficos como lo es el G.P.S y el Altimetro, para la medición de las dimensiones de las calles se utilizó el Odómetro. Entre la instrumentación de tipo demográfico se emplearon las herramientas comúnmente utilizadas por la Coordinación de Gestión Comunitaria perteneciente al Sistema Panamericano: censos de población, que indica en número de personas que habitan en la vivienda; y los croquis, que son representaciones gráficas de las comunidades con sus correspondientes calles, callejones y viviendas que existen en la zona, todos elaborados por los integrantes de la comunidad.

3.4 Técnica de análisis de datos

En el análisis de los datos recaudados en campo para el sistema de distribución de agua potable, se utilizó la herramienta computacional WaterGems, que ejecutó una simulación hidráulica del comportamiento de las redes propuestas.

El software WaterGems permite corroborar el estado hidráulico de la red bajo un régimen de consumo horario establecido, y con la ayuda de los criterios de diseño impuesto por el diseñador, se obtienen sistemas de distribución de agua potable que operen de forma adecuada.

3.5 Fases de la investigación

El trabajo se dividió en fases claramente definidas, estas fases permitieron una labor organizada dentro del tiempo estipulado.

3.5.1 Fase I. Recopilación y revisión de información teórica básica.

En esta fase se hizo la revisión detallada de los diferentes proyectos relacionados a la temática descrita que fueron realizados anteriormente. Se revisaron

conceptos de mecánica de fluidos que se emplean en los sistemas de abastecimiento de agua potable y se adiestró en el uso de las herramientas computacionales empleadas comúnmente en la empresa, como por ejemplo WaterGems, es el software que se utiliza para la simulación hidráulica.

3.5.2 Fase II. Recopilación de información necesaria en campo

Se recaudó la información de tipo demográfico necesaria para el cálculo de dotaciones con el uso de los censos proporcionados por el departamento de gestión comunitaria de Hidrocapital. En esta fase también se realizó la toma de coordenadas en el sector para la posterior construcción del plano en el software AutoCad. La toma de altitudes y de las dimensiones de las calles fue otra actividad que se realizó durante esta fase.

3.5.3 Fase III. Propuesta para el sistema de bombeo y almacenamiento de agua potable

En esta fase se seleccionó el equipo de bombeo adecuado para la extracción de agua de los pozos profundos que se encuentran en el Club Cumbre Azul y que servirán de fuente de abastecimiento para la comunidad de Barrio Miranda II, a su vez se calculó las dimensiones del estanque de almacenamiento hacia el cuál será bombeado el vital líquido para que posteriormente sea distribuido a la comunidad.

3.5.4 Fase IV. Propuesta para el sistema de distribución de agua potable

Se procedió a elaborar el diseño del sistema de distribución de agua potable. Con el uso del WaterGems se simuló la propuesta de la red utilizando los criterios de diseño previamente definidos. En esta etapa se seleccionó los diámetros, los materiales y las trayectorias de las tuberías, adicionalmente se seleccionaron los accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de distribución, todo fue justificado mediante las bases teóricas y la normativa nacional correspondiente.

3.5.5 Fase V. Análisis presupuestario

En esta fase se realizó un cuadro presupuestario que contiene todos los trabajos y suministros requeridos para la obra de instalación del sistema de abastecimiento. Por razones de costos totales y bajo la supervisión de la gerencia del Sistema Panamericano, se separó la obra en varias etapas, y se elaboraron los presupuestos para cada una de ellas. Todos los presupuestos se realizaron mediante el formato utilizado en la empresa Hidrocapital, Sistema Panamericano.

CAPITULO IV

4. DESCRIPCIÓN ACTUAL DEL SECTOR

4.1 Situación actual

El sector Barrio Miranda II tiene un déficit importante en el suministro de agua potable, debido a que no posee los equipos de bombeo ni las redes de tuberías necesarias para el abastecimiento del sector. Esta comunidad es dotada del vital líquido únicamente de lunes a viernes, mediante camiones cisternas pertenecientes a la empresa Hidrocapital. Este suministro no es constante, ni es el idóneo para que sea abastecida la población.

4.2 Características de los habitantes del sector

Según el Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) una población se considerará urbana si el número de habitantes es superior a los 2.500 en el sector. La comunidad de Barrio Miranda II posee una población de 3.158 personas, así que, se considerará una población de tipo urbana.

Esta población se encuentra en el municipio Guaicaipuro, las comunidades que pertenecen a este municipio se caracterizan por el consumo de agua de tipo doméstico, con un alto porcentaje a altas horas de la mañana y en horas de la noche. Esta variación en el consumo del agua se debe principalmente por la condición de tipo dormitorio de la ciudad, y se tomó en consideración mediante la curva de demanda horaria que será descrita en los capítulos siguientes.

Con el uso de la información proporcionada por el consejo comunal del sector, se presenta la tabla 1, que tiene como finalidad tener un registro del número de personas y de viviendas que se ubican actualmente el sector.

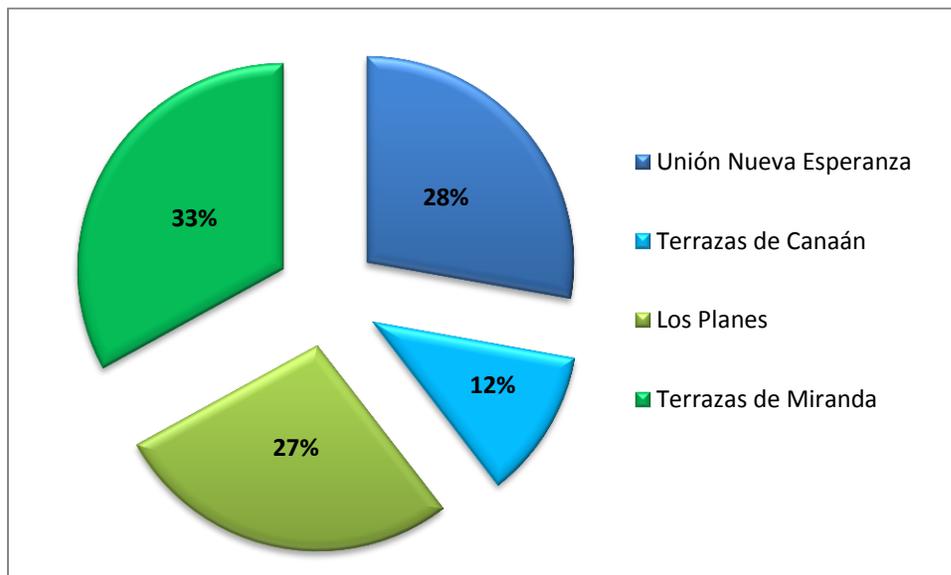
Tabla 1. Población de los sub-sectores

Sub-Sector	Número de personas	Número de viviendas	Unifamiliar	Multifamiliar
Unión Nueva Esperanza	899	246	X	
Terrazas de Canaán	379	99	X	
Los Planes	887	222	X	
Terrazas de Miranda	1.067	241	X	
TOTAL	3.232	808		

Fuente: Censo Barrio Miranda II 2014

En la gráfica 1 se representa la distribución porcentual de la población por cada sub-sector.

Gráfica 1. Distribución porcentual de la población



Fuente: El autor, basado en Censo Barrio Miranda II 2014.

4.3 Estimación de la población futura dentro del período de diseño

Para el correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua potable se debe calcular el consumo que tendrá la población dentro de un período de tiempo establecido, para esto se debe tener un estimado del número de personas que habitarán la comunidad. Este período se estableció en 25 años por recomendación de la empresa Hidrocapital.

4.3.1 Proyección Poblacional, Método Geométrico (Método Exponencial)

Para determinar la proyección de la población por medio de este método, se determinó la tasa de crecimiento poblacional utilizando la Ecuación 4.

$$r = \left(\frac{P_f}{P_i} \right)^{1/t_p} - 1$$

Dónde:

P_i : Población para el año inicial P_f : Población para el año final

t_p : Periodo de estimación ($t_f - t_i$) r : Tasa de crecimiento poblacional

Se tomara como referencia para el cálculo de la tasa de crecimiento poblacional los censos de los años 2001 y 2011 del municipio Guaicaipuro, estado Miranda, esto es debido a la ausencia de censos anteriores al año 2014 en el sector en estudio, dato suministrado por el Instituto Nacional de Estadística (Tabla 2).

Tabla 2. Tasa de crecimiento poblacional, Método Geométrico

Municipio Guaicaipuro				
	Año	Población	t_p	r
Censo de población y vivienda	2001	222.768	10	0,012503328
	2011	252.242		

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Una vez obtenido la tasa de crecimiento poblacional se procedió a calcular la población proyectada para el año 2039 a cada sub-sector por medio de la Ecuación 3 (Tabla 3).

Tabla 3. Proyección de la población, Método Geográfico

Sub-sectores	HABITANTES POR AÑO					
	2014	2019	2024	2029	2034	2039
U. Nueva Esperanza	899	957	1.018	1.083	1.153	1.227
Terrazas de Canaán	379	403	429	457	486	517
Los Planes	887	944	1.004	1.069	1.137	1.210
Terrazas de Miranda	1.067	1.135	1.208	1.286	1.368	1.456
TOTAL	3.232	3.439	3.659	3.895	4.144	4.410

Fuente: El autor

Según el Método Geométrico de proyección poblacional la comunidad de Barrio Miranda II tendrá una población de 4.410 personas para el año 2039.

4.4 Consumo medio actual y a futuro de la comunidad de Barrio Miranda II

El consumo medio (Q_m) se obtuvo mediante la Ecuación 32, utilizando como parámetro fundamental el número de personas que habitarán para el año 2.039 a la comunidad de Barrio Miranda II (Tabla 3), según el método Geométrico de proyección poblacional.

Se utilizó como dotación diaria por persona los 250 litros que establece la organización mundial de la salud (O.M.S.). En la tabla 4 se observan los resultados obtenidos para cada sub-sector.

Tabla 4. Consumo Medio por cada sub-sector

Sub-sectores	Población	Q_m	Población	Q_m	Q_m
	2014	2014(l/s)	2039	2039(l/s)	2039(m ³ /h)
U. Nueva Esperanza	899	2,60	1227	3,55	12,78
Terrazas de Canaán	379	1,10	517	1,50	5,39

Los Planes	887	2,57	1210	3,50	12,61
Terrazas de Miranda	1.067	3,09	1456	4,21	15,16
TOTAL	3.232	9,36	4.410	12,76	45,94

Fuente: El autor

4.5 Variaciones en el consumo

El sistema de abastecimiento de agua potable debe ser diseñado tomando en consideración las variaciones en el consumo que se presentarán en el transcurso del periodo de diseño. Para determinar el caudal de diseño se estudiarán las variaciones que afectan a los sistemas de abastecimiento.

4.5.1 Consumo Máximo Diario

El consumo máximo diario ($Q_{\text{max-diaro}}$) se determinó utilizando la ecuación 33 donde el valor de $K_1 = 1,2$; de esta forma obtuvo los valores de los consumos máximos diarios para cada sub-sector (Tabla 5)

Tabla 5. Consumo Máximo Diario

Sub-sectores	Q_m (l/s)	$Q_{\text{max-diaro}}$ (l/s)	$Q_{\text{max-diaro}}$ (m ³ /h)
Unión Nueva Esperanza	3,55	4,26	15,33
Terrazas de Canaán	1,50	1,80	6,46
Los Planes	3,50	4,20	15,13
Terrazas de Miranda	4,21	5,05	18,20
TOTAL	12,76	15,31	55,12

Fuente: El autor

4.5.2 Consumo Máximo Horario

Se realizó el estudio del Consumo Máximo Horario en cada sub-sector utilizando la Ecuación 34; el valor de K_2 debido a que la población en cada sub-sector se encuentra en el rango que va desde 1.000 y 100.000 habitantes, se determinó

mediante la ecuación 35, exceptuando a la comunidad de Terrazas de Canaán cuya población es inferior a los 1.000, y para este caso se utilizó $K_2 = 2,75$. (Tabla 6)

Tabla 6. Consumo Máximo Horario

Sub-sectores	K (%)	Q_m (l/s)	Q_{max-horario} (l/s)	Q_{max-horario} (m³/h)
Unión Nueva Esperanza	265,80	3,55	9,43	33,96
Terrazas de Canaán	275,00	1,50	4,11	14,81
Los Planes	265,92	3,50	9,31	33,52
Terrazas de Miranda	264,08	4,21	11,12	40,04

Fuente: El autor

4.5.3 Consumo en caso de Incendio

Para determinar el consumo en caso de que ocurriera un incendio en la comunidad se utilizó la Ecuación 36, se seleccionó $K_3 = 1,8$ y se asumirá el tiempo de duración de 4 horas por el cual el gasto adicional es de 16 l/s, ya que la zona en estudio es residencial y de construcciones continuas. En la tabla 7 se mostrara los resultados obtenidos por cada sub-sector.

Tabla 7. Consumo en caso de Incendio

Sub-sectores	K = 1,8		Inc = 16 l/s	
	Q_m (l/s)	Q_I (l/s)	Q_I (l/s)	Q_I (m³/h)
Unión Nueva Esperanza	3,55	22,39	22,39	80,60
Terrazas de Canaán	1,50	18,69	18,69	67,30
Los Planes	3,50	22,30	22,30	80,29
Terrazas de Miranda	4,21	23,58	23,58	84,89
TOTAL	12,76	86,96	86,96	313,08

Fuente: El autor

4.5.4 Caudal de diseño

El caudal adecuado para el diseño del sistema de abastecimiento es el obtenido por consumo máximo diario (15,31 l/s), debido a que es un valor promedio al cual se someterá el sistema la mayor parte del tiempo, a diferencia del consumo de incendio y del consumo máximo horario, que ocurren con menor frecuencia y duración de tiempo.

4.6 Información topográfica del área de estudio

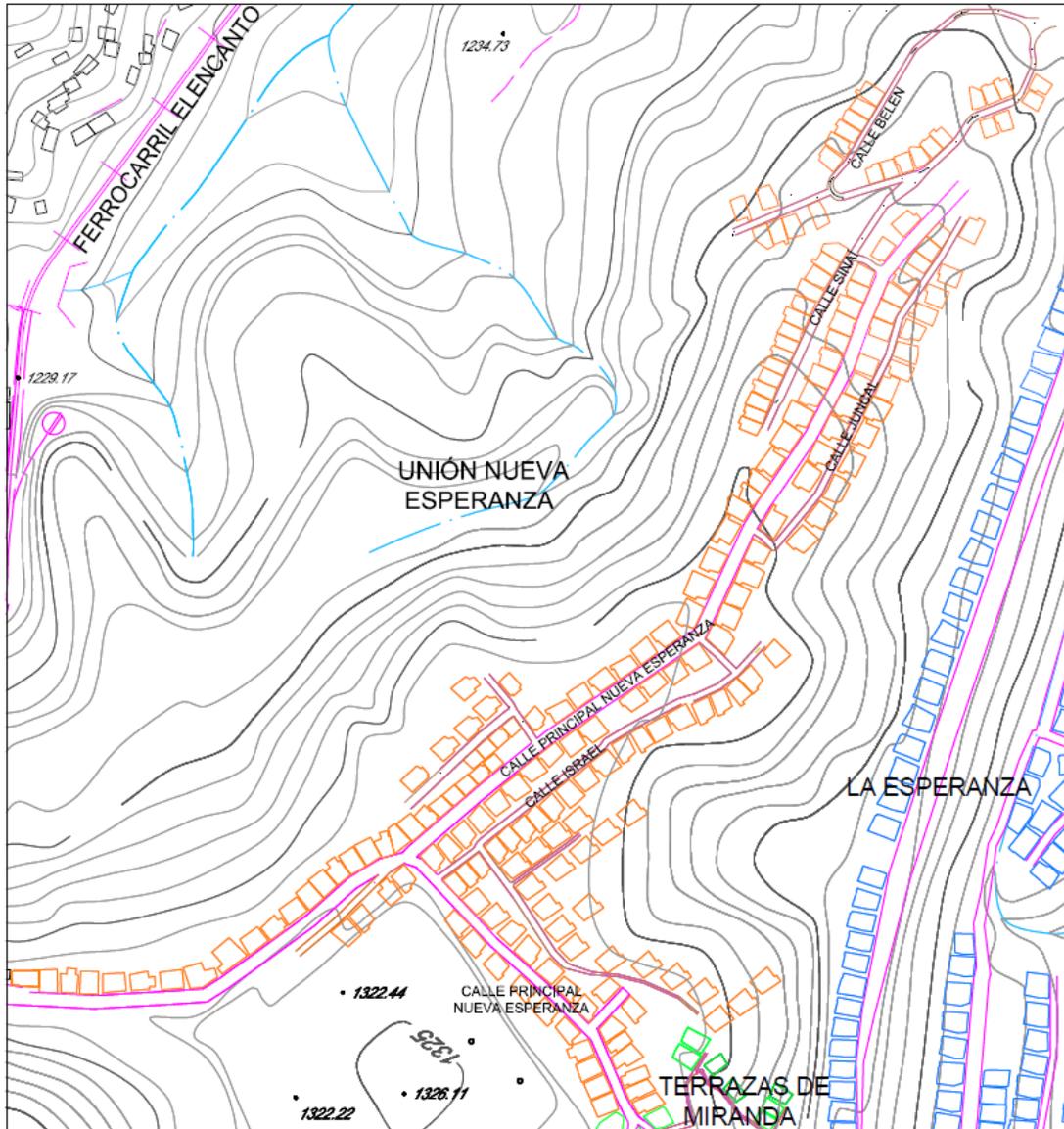
Barrio Miranda II, contiene un grupo de calles y callejones poblados que presentan variaciones de altura en su trayecto, las mismas deben ser consideradas como parte de los datos fundamentales para el funcionamiento adecuado del sistema de distribución de agua.

Es importante conocer en detalle los límites del área de estudio y las ubicaciones de las calles y callejones con sus respectivos nombres, para poder analizar los perfiles topográficos de las posibles trayectorias de la red de tuberías

Para efectos del estudio de campo, se considera como primera aproximación en la trayectoria del sistema de distribución a diseñar, los recorridos que abarcan las calles y callejones dentro del área de estudio. En el proceso de recolección de información se realizaron medidas de alturas y se tomaron coordenadas en puntos específicos, con el fin de establecer perfiles topográficos en éstas trayectorias y de determinar los nodos a utilizar en la simulación hidráulica.

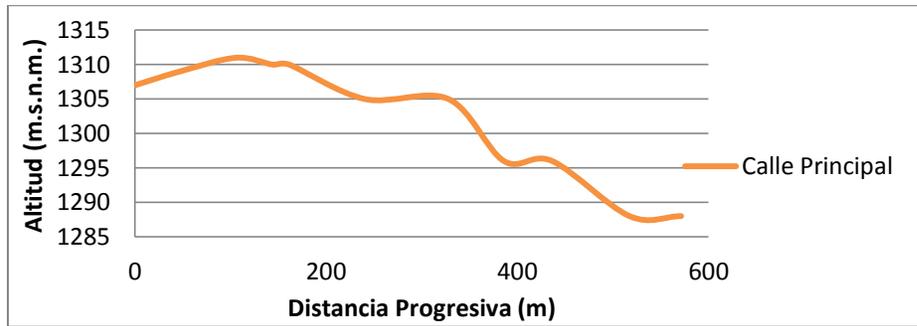
A continuación se indicarán las calles y callejones de mayor importancia para el estudio topográfico de los sub-sectores, Unión Nueva Esperanza, Terrazas de Miranda, Los Planes y Terrazas de Canaán con los respectivos perfiles topográficos.

Figura 2. Calles y Callejones, Unión Nueva Esperanza



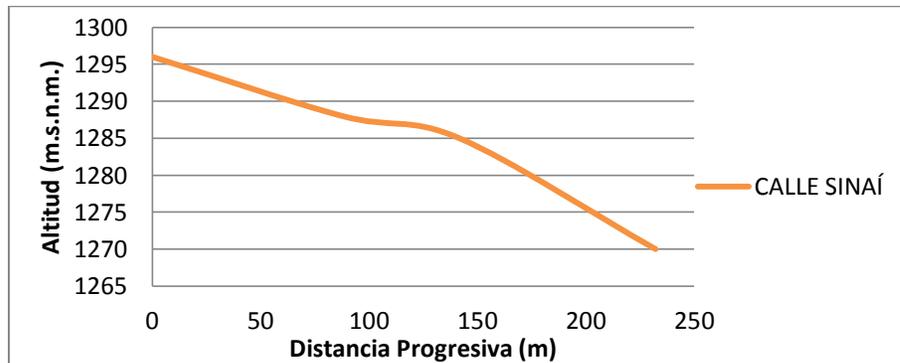
Fuente: El autor

Gráfica 2. Perfil topográfico, Calle Principal, Unión Nueva Esperanza



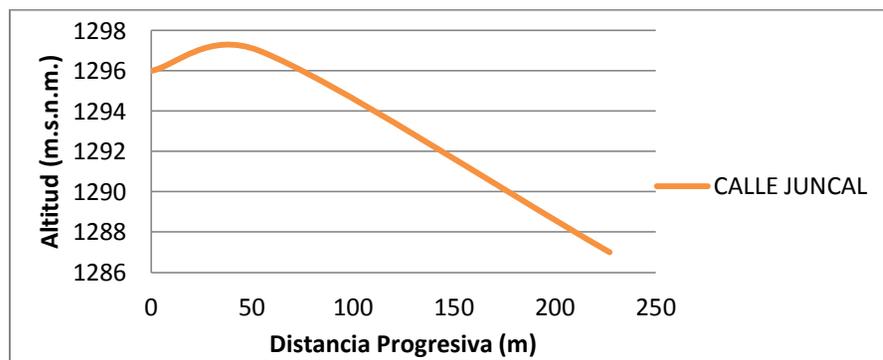
Fuente: El autor

Gráfica 3. Perfil topográfico, Calle Sinaí, Unión Nueva Esperanza



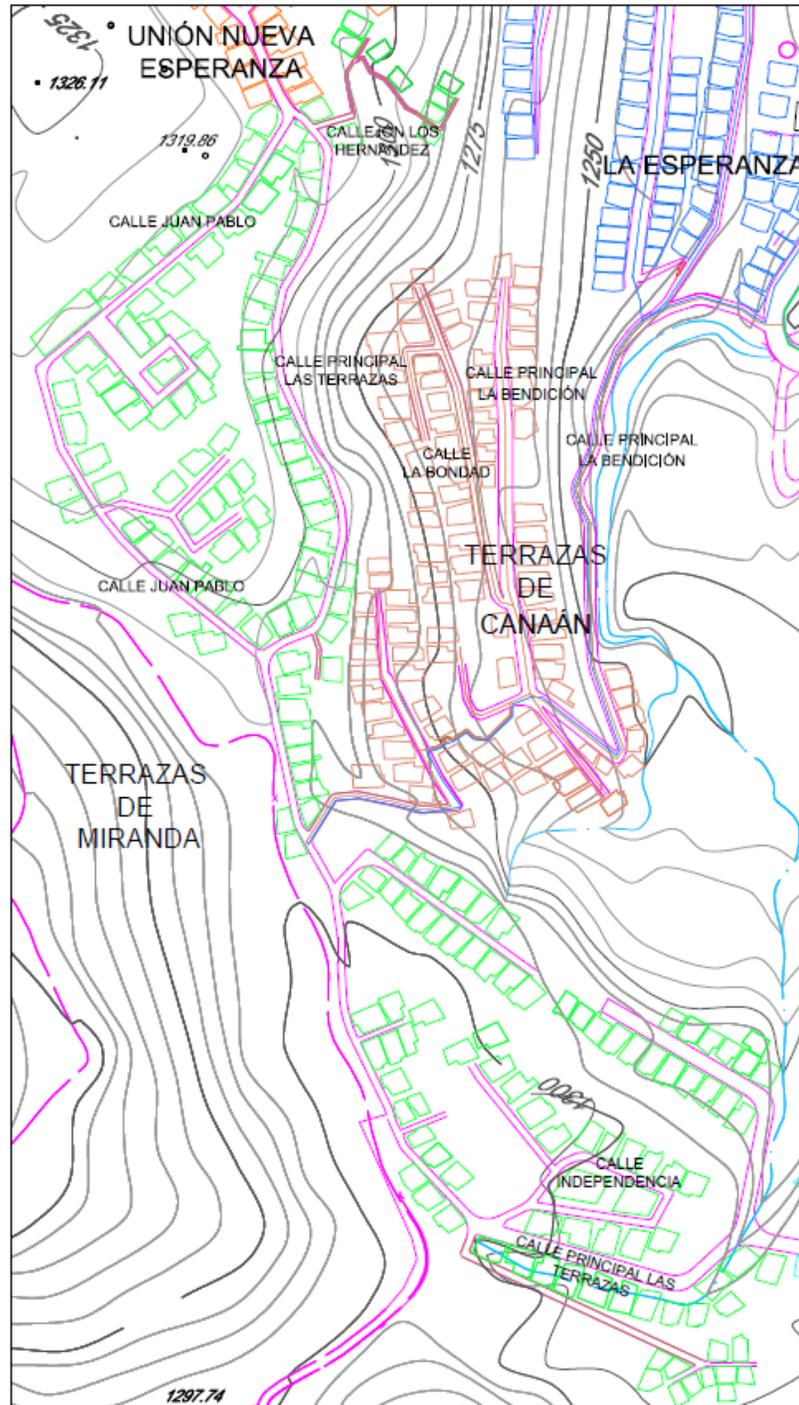
Fuente: El autor

Gráfica 4. Perfil topográfico Calle Juncal, Unión Nueva Esperanza



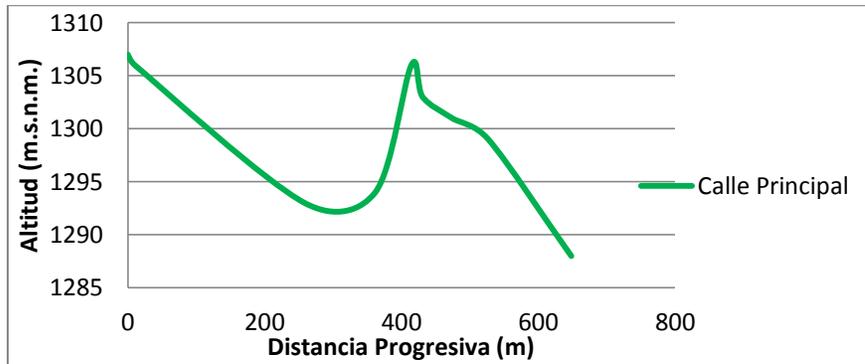
Fuente: El autor

Figura 3. Calles y Callejones, Terrazas de Miranda y Terrazas de Canaán



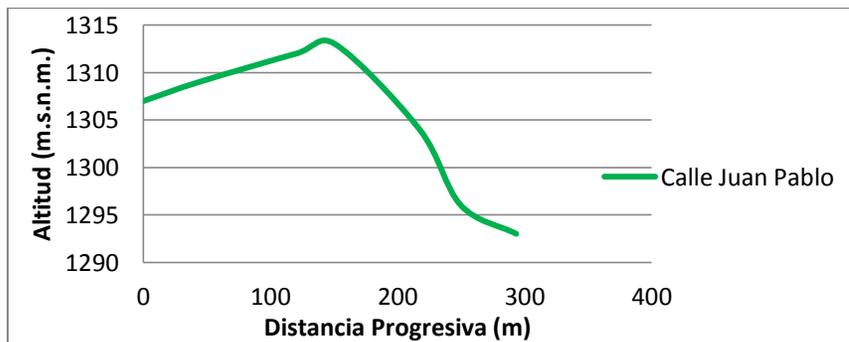
Fuente: El autor

Gráfica 5. Perfil topográfico, Calle Principal, Terrazas de Miranda



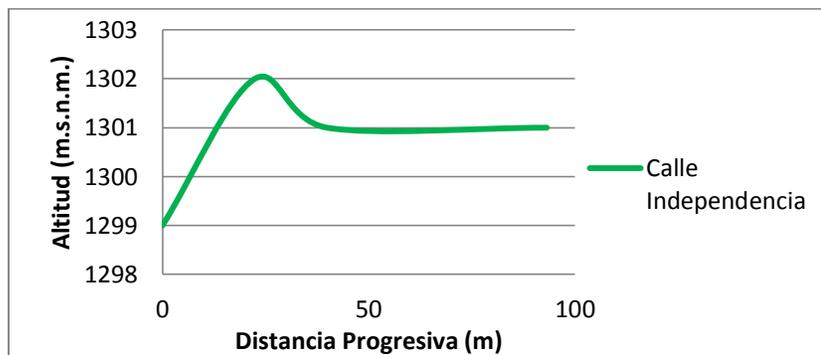
Fuente: El autor

Gráfica 6. Perfil topográfico, Calle Juan Pablo, Terrazas de Miranda



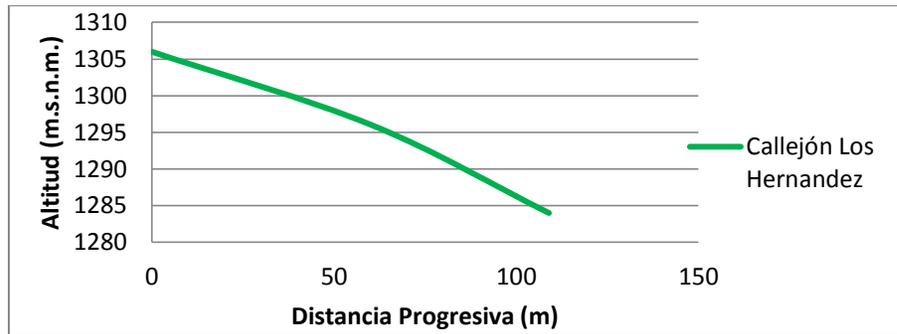
Fuente: El autor

Gráfica 7. Perfil topográfico, Calle Independencia, Terrazas de Miranda



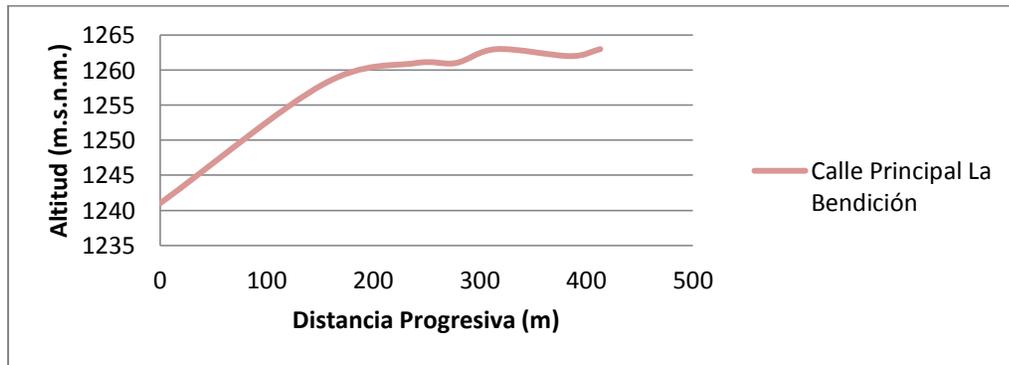
Fuente: El autor

Gráfica 8. Perfil topográfico, Callejón Los Hernandez, Terrazas de Miranda



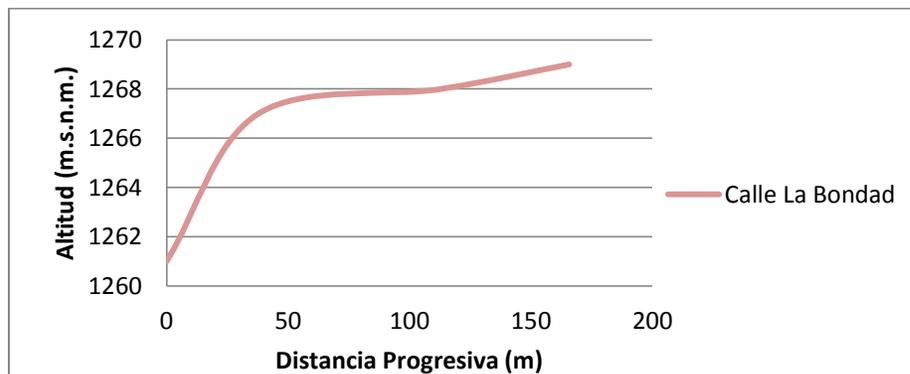
Fuente: El autor

Gráfica 9. Perfil topográfico, Calle Principal La Bendición, Terrazas de Canaán



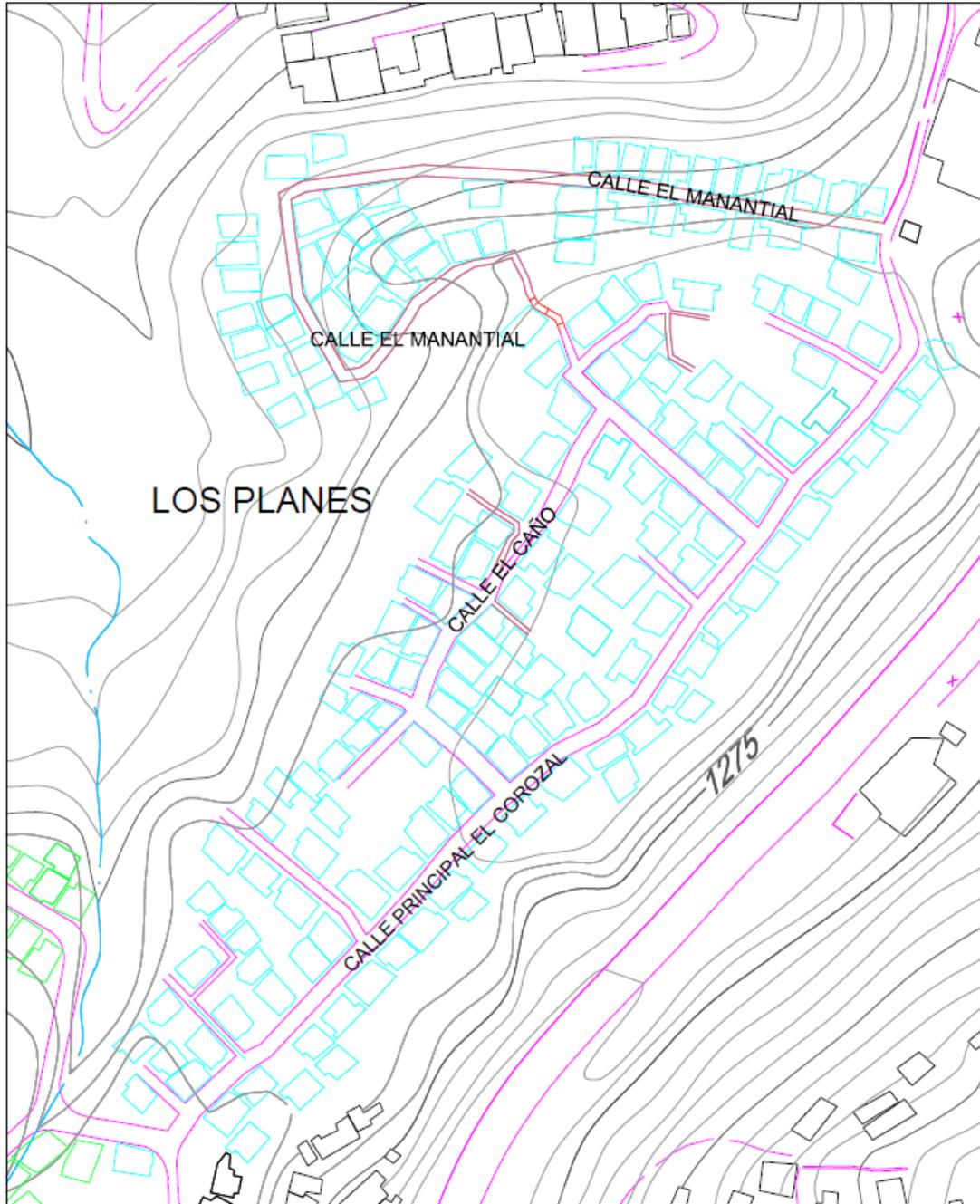
Fuente: El autor

Gráfica 10. Perfil topográfico, Calle La Bondad, Terrazas de Canaán



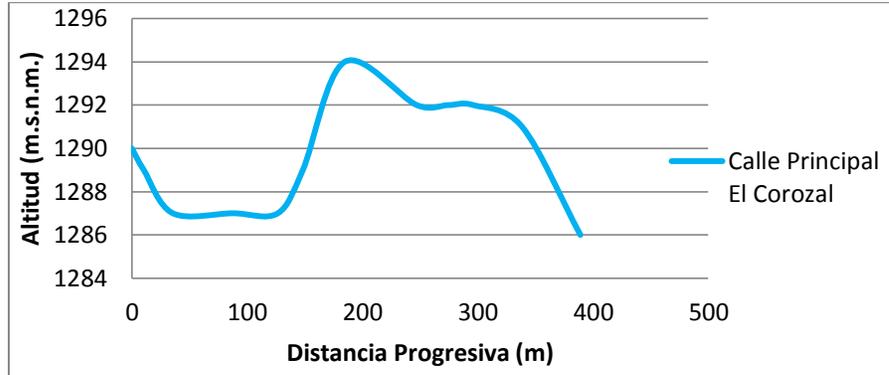
Fuente: El autor

Figura 4. Calles y Callejones, Los Planes



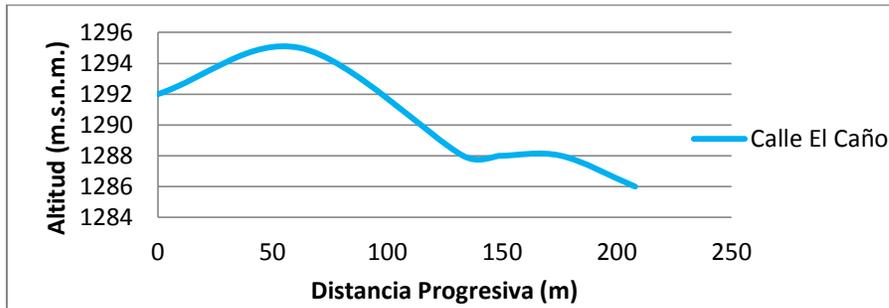
Fuente: El autor

Gráfica 11. Perfil topográfico, Calle Principal El Corozal, Los Planes



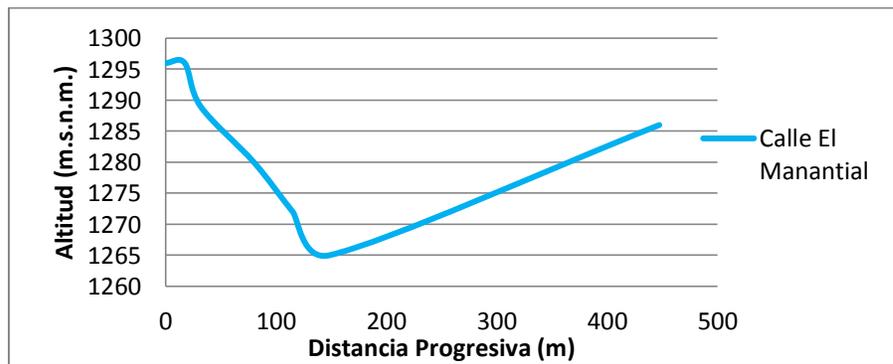
Fuente: El autor

Gráfica 12. Perfil topográfico, Calle El Caño, Los Planes



Fuente: El autor

Gráfica 13. Perfil topográfico, Calle El Manantial, Los Planes



Fuente: El autor

CAPÍTULO V

5. SISTEMA DE BOMBEO

5.1 Fuente de abastecimiento

La empresa Hidrocapital dispuso los pozos que se encuentran en el Club Cumbre Azul para ser utilizados como fuente de abastecimiento y así solucionar el déficit que presenta la comunidad en el suministro de agua potable.

5.1.1 Aforamiento de los pozos

En el club Cumbre Azul existen cuatro (4) pozos perforados, pertenecientes al mismo acuífero. Dos de los pozos se encuentran a una altitud de 1.252 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), a los cuales se denominaron pozo 1 y 2, los otros dos se encuentran a una altitud de 1.254 m.s.n.m., fueron denominados pozo 3 y 4. La distancia entre los pozos que se encuentran a la misma altitud es de pocos metros (pozos 1-2 distancia 8 metros, pozos 3-4 distancia 12 metros), cuando ocurre la extracción del agua del pozo, el nivel en el acuífero desciende de manera cónica, este fenómeno es llamado cono de depresión y ocasiona la disminución del nivel dinámico y de la producción de los pozos más cercanos, tales son los casos del pozo 1 con respecto al pozo 2 y del 3 con respecto al 4. Para garantizar el buen funcionamiento de los equipos de bombeo no se utilizarán los pozos 1 y 2 o 3 y 4 simultáneamente.

La empresa suministró los datos del máximo caudal que se puede extraer de los pozos sin descompensar el acuífero, en la tabla 8 se expresan los resultados del aforamiento individual de los pozos. Para la tabla 9 se reflejan los máximos caudales que se puede obtener de los pozos 1-3 cuando se extrae agua simultáneamente, de igual manera se expresan los resultados de los pozos 2-4 bajo las mismas condiciones. La utilización de los pozos de la manera descrita anteriormente no es afectada por el cono de depresión.

Tabla 8. Caudal máximo para los pozos por separados

Pozo	Q _{max} (L/s)	Q _{max} (m ³ /h)	Nivel estático (m)	Nivel dinámico (m)	Altitud (m.s.n.m.)
1	11,3	40,68	32	45	1252
2	11,3	40,68	32	44	1252
3	12,1	43,56	35	53	1254
4	12,1	43,56	35	52	1254

Fuente: Gerencia de proyectos Hidrocapital-Sistema Panamericano

Tabla 9. Caudal máximo de los pozos cuando operan simultáneamente

En Operación	Pozo	Q _{max} (L/s)	Q _{max} (m ³ /h)	Nivel estático (m)	Nivel dinámico (m)
1-3	1	9,2	33,12	32	40
	3	9,7	34,92	35	45
2-4	2	9,2	33,12	32	39
	4	9,7	34,92	35	44

Fuente: Gerencia de proyectos Hidrocapital-Sistema Panamericano

5.1.2 Calidad del agua de los pozos

Es necesario conocer la calidad del agua que se encuentran en los pozos y así determinar si es apta para el consumo humano, la misma debe cumplir con las normas sanitarias especificadas en la Gaceta N° 36.395 exigidas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, entre las cuales están las características físicas y químicas (Tabla 10) y las regulaciones microbiológicos (Tabla 11).

Tabla 10. Características físico-químicas permitidas para el agua potable

COMPONENTE O CARACTERÍSTICA	UNIDAD	CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMITIDA
Turbidez	U.N.T.	5
Color	U.C.V.	15
Olor y Sabor	-	Aceptable para la mayoría de los consumidores
pH	-	6,5 - 8,5
Alcalinidad Total	mg/L CaCO ₃	500
Dureza Total	mg/L CaCO ₄	500
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Hierro	mg/L	0,3
Manganeso	mg/L	0,1
Silice	mg/L	50
Nitrato	mg/L N	10
Sulfato	mg/L	400
Cloruro	mg/L	250

Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. Gaceta Oficial N° 36.395, febrero1998.

Tabla 11. Regulaciones microbiológicas aptas para el consumo

BACTERIA	UNIDAD	VALOR MÁXIMO
Coliformes totales	mL	100
Coliformes fecales	mL	0

Fuente: Normas Sanitarias de Calidad del Agua Potable. Gaceta Oficial N° 36.395, febrero1998

En la tabla 12 se muestran los resultados de la calidad de agua de los pozos, obtenidos por la empresa Hidrocapital.

Tabla 12. Resultados de la calidad de agua de los pozos

	POZO 1	POZO 2	POZO 3	POZO 4
Alcalinidad (mg/L)	190	185	132	136
Dureza (mg/L)	248	242	144	141
Turbidez (U.N.T.)	1,52	1,55	1,52	1,51
pH	6,67	6,69	7,13	7,11
Aspecto	Transparente	Transparente	Transparente	Transparente
Bacteria				
Coliformes totales (ml)	63	59	45	49
Coliformes fecales (ml)	0	0	0	0

Gerencia de proyectos Hidrocapital-Sistema Panamericano

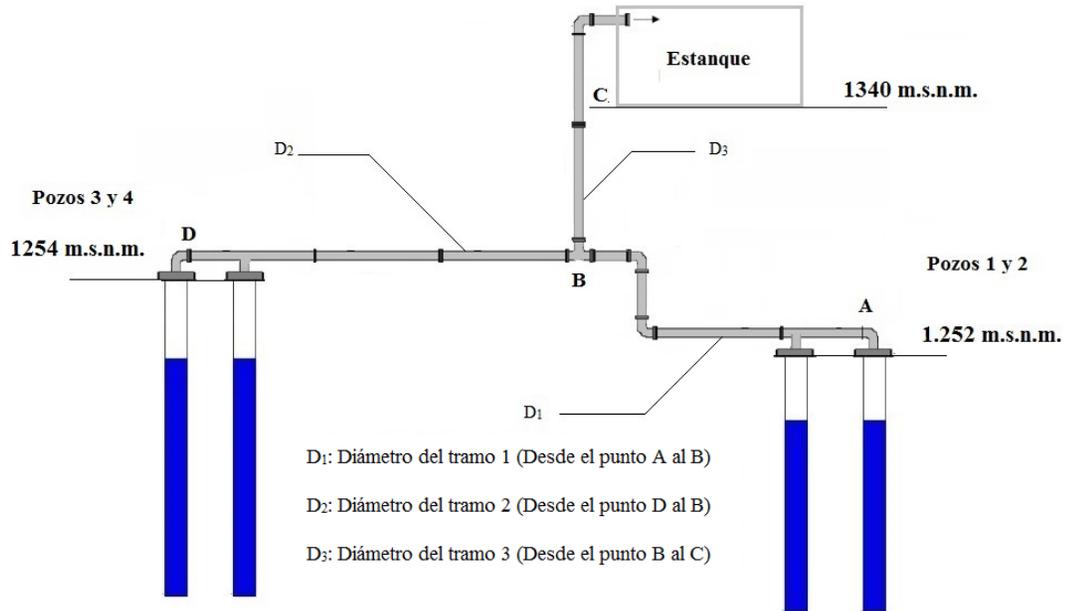
Los resultados obtenidos se encuentre los valores permisible de la norma, en consecuencia, se considera que el agua de los pozos en estudio es apta para el consumo humano.

5.2 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo es el encargado de transportar el fluido desde la fuente de abastecimiento hasta un estanque, cumpliendo las especificaciones de caudal y presión que se requieran en el sistema. Para su correcto funcionamiento es necesario un conjunto de elementos mecánicos, tales como, válvulas de compuerta, válvulas de retención, válvulas de expulsión de aire (ventosas), entre otros.

En la figura 5 se muestra la configuración del sistema de bombeo, indicando la ubicación de los pozos, redes de tuberías y el estanque. En esta configuración no se indicó las válvulas ni instrumentos de medición que debe llevar el sistema, el cuál se estudiara con más detalle en el apartado *5.2.1 Válvulas e instrumentación del sistema de bombeo*.

Figura 5. Configuración del sistema de bombeo

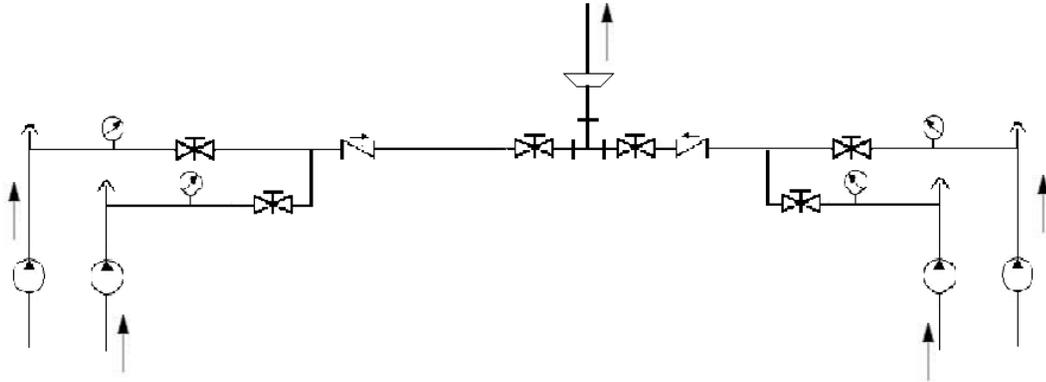


Fuente: El autor

5.2.1 Válvulas e instrumentación del sistema de bombeo

En la figura 6 se presenta la configuración respectiva de las válvulas y equipos de medición que requiere el sistema de bombeo para su buen funcionamiento. La configuración presentada es esquemática, no representa las distancias reales, ni a escala del sistema.

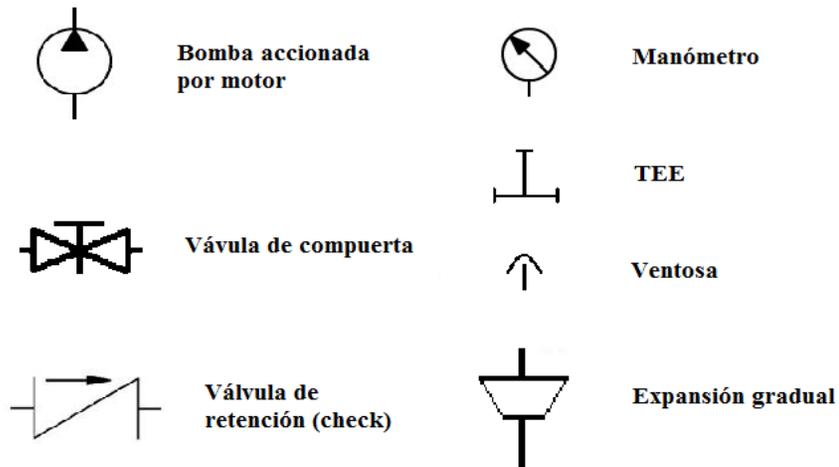
Figura 6. Configuración de válvulas e instrumentación



Fuente: El autor

La simbología que se utilizó en la figura 6 se fundamentó en las normas ASME Y32.2.3:1949 (R1999) “*Graphic Symbols For Pipe Fittings, Valves And Piping*” (Figura 7).

Figura 7. Simbología usada en la configuración de válvulas e instrumentación



Fuente: Norma ASME Y32.2.3:1949 (R1999) “Graphic Symbols For Pipe Fittings, Valves And Piping”

5.2.2 Determinación de los diámetros de la tubería de impulsión del sistema de bombeo

Partiendo de la ecuación de continuidad (6) se despeja el diámetro, obteniendo como resultado la siguiente expresión:

$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$, donde Q es el caudal óptimo que se puede extraer de los pozos (Caudal de bombeo Q_b) y V es la velocidad media del fluido, para líneas de impulsión, el rango permitido de velocidades es de 0,6m/s – 3 m/s (*Guía de diseño para líneas de impulsión de sistemas de abastecimiento de agua rural-Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente*), utilizando 1,2 m/s como velocidad media para el cálculo. En la tabla 13 se observan los resultados obtenidos.

Tabla 13. Diámetros de la tubería de impulsión

Tramos	Qb (l/s)	Qb (m ³ /s)	V (m/s)	D _{int} (mm)
1	9,2	0,0092	1,2	98,80
2	9,7	0,0097	1,2	101,45
3	18,9	0,0189	1,2	141,61

Fuente: El autor

Los diámetros obtenidos en la tabla 13 no son comerciales, se seleccionarán los diámetros que más se aproximen a los teóricos. Para los tramos “1” y “2”, se seleccionó 100 mm (4pulgadas) como diámetro nominal y para el tramo “3”, el diámetro nominal seleccionado es de 150mm (6”). El material a utilizar para la tubería de impulsión es Acero al carbono ASTM A53 SCHEDULE 40, por recomendaciones de la empresa Hidrocapital.

Se verifica que la velocidad media se encuentre en el rango de velocidades permitido para los diámetros seleccionados (Tabla 14).

Tabla 14. Velocidad media-Tuberías de impulsión

D_N (mm)	D_{int} (mm)	Q (m³/s)	V (m/s)
100	102,3	0,0092	1,12
100	102,3	0,0097	1,18
150	154,1	0,0189	1,01

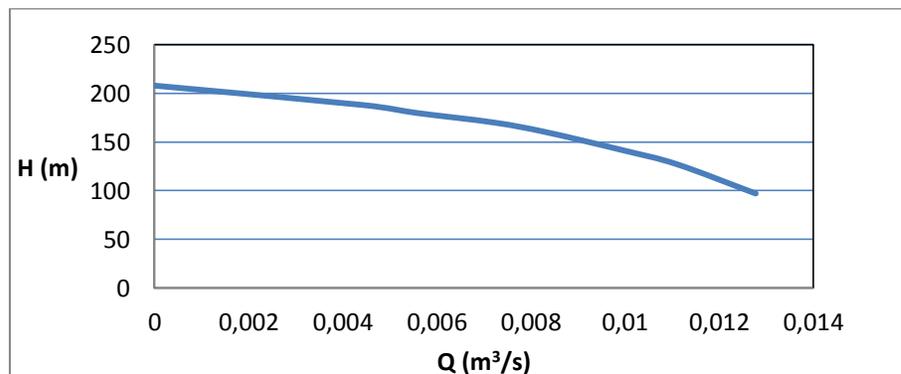
Fuente: El autor

5.2.3 Selección de las bombas

La selección de los equipos dependerá exclusivamente de los proveedores de la empresa Hidrocapital, en base a los catálogos de los fabricantes se determinara cuáles son los equipos aptos para el sistema. Las condiciones del sistema para los pozos 1-2 y 3-4 no presentan una variación significativa así que se seleccionará la misma bomba sumergible para estos pozos.

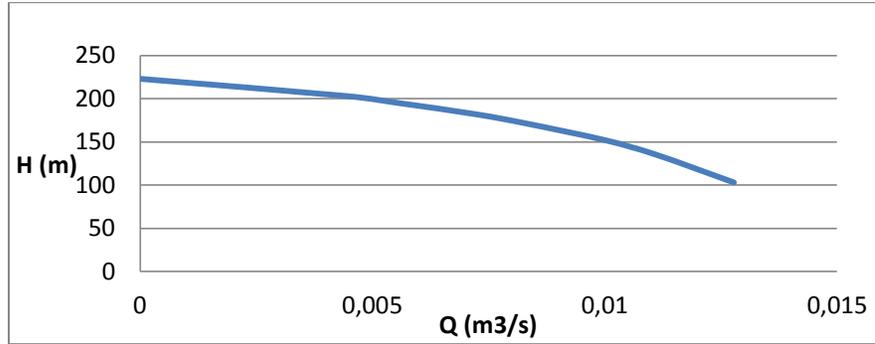
Se realizó una estimación para seleccionar las bombas que cumplan los requerimientos del sistema utilizando como parámetro los caudales de bombeo 9,7 l/s, 9,2 l/s y la mayor diferencia de altitud en el sistema 135 metros. En consecuencia se pre-seleccionaron las bombas sumergibles que se presentan en las siguientes gráficas:

Gráfica 14. Curva característica de la bomba KSB UPA 150C-30 Modelo 13



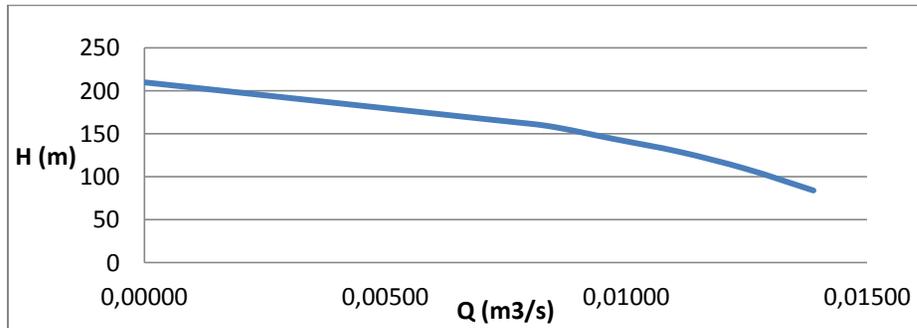
Fuente: El autor

Gráfica 15. Curva característica de la bomba KSB UPA 150C-30 Modelo 14



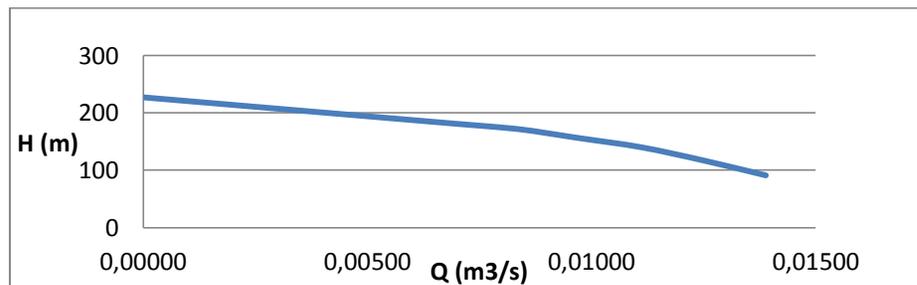
Fuente: El autor

Gráfica 16. Curva característica de la bomba EBARA MSH 516 Modelo 12



Fuente: El autor

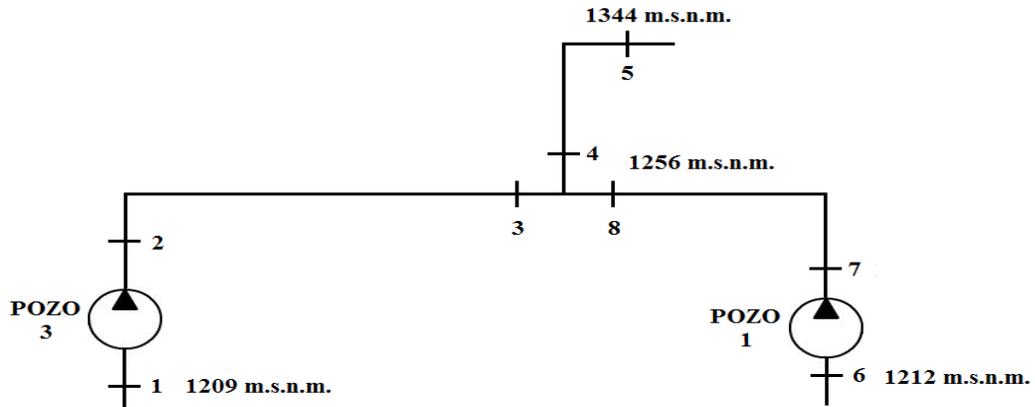
Gráfica 17. Curva característica de la bomba EBARA MSH 516 Modelo 13



Fuente: El autor

Para determinar cuál de las bombas pre-seleccionada cumple con los requerimientos del sistema se utilizará el método de energía para sistemas de redes abiertas. En la figura 8 se esquematiza la configuración usada para este método.

Figura 8. Configuración para el método de energía para sistemas de redes abiertas



Fuente: El autor

Entre los puntos expresados en la figura 8 se aplica la ecuación de la energía (8) y la ecuación de continuidad para fluidos incompresibles (6) obteniendo las ecuaciones que se observan en la tabla 15.

Tabla 15. Ecuaciones del método de la energía para sistemas de redes abiertas

Puntos	Ecuación general de la energía		Ecuación de continuidad	
1-2	$H_{b3} = e_2 - e_1$	(39)	$Q_1 = Q_2$	(40)
2-3	$e_3 = e_2 - h_{f2-3}$	(41)	$Q_2 = Q_3$	(42)
3-4-8	$e_3 = e_4 = e_8$	(43)	$Q_4 = Q_3 + Q_8$	(44)
6-7	$H_{b1} = e_7 - e_6$	(45)	$Q_6 = Q_7$	(46)
7-8	$e_8 = e_7 - h_{f7-8}$	(47)	$Q_7 = Q_8$	(48)
4-5	$e_5 = e_4 - h_{f4-5}$	(49)	$Q_4 = Q_5$	(50)

Fuente: El autor

Donde H_{b1} y H_{b3} corresponden a la energía que aportan las bombas al sistema y son las que se colocarán en los pozos 1 y 3 respectivamente, como ya se mencionó anteriormente se seleccionará el mismo modelo de bomba para ambos pozos. Para la explicación detallada del método, se utilizará la curva de la bomba KSB UPA 150C-30 Modelo 14.

El punto 1 y 6 son los puntos relacionados con el nivel dinámico de los pozos 3 y 1 respectivamente, para la simplificación del sistema se seleccionó el punto 1 como como nivel de referencia “cero”.

El estado 1 corresponde al nivel de dinámico del pozo 3, en este punto se considera:

$$e_1 = z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} \quad (51)$$

$$z_1 = 0 \text{ (Nivel de referencia)}$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = 0 \text{ (se tomará la presión manométrica, el pozo no está presurizado)}$$

$$\frac{V_1^2}{2 * g} = 0 \text{ (variación del nivel dinámico es despreciable)}$$

En consecuencia la ecuación 51 quedará

$$e_1 = 0$$

El estado 5 corresponde al punto de descarga al estanque. La zona donde se dispone colocar el estanque para la comunidad se encuentra a una altitud de 1340 m.s.n.m. (Punto más alto del sistema), se estimara una altura del estanque de 4 metros, quedaría la descarga al estanque con una altitud de 1344 m.s.n.m., en este punto se considera:

$$e_5 = z_5 + \frac{V_5^2}{2g} + \frac{P_5}{\gamma} \quad (52)$$

$z_5 = 135\text{m}$ (Es la diferencia de altitud entre el nivel dinámico del pozo 3 y el punto de descarga al estanque)

$$\frac{P_5}{\gamma} = 0 \text{ (se tomará la presión manométrica, el pozo no está presurizado)}$$

$$\frac{V_5^2}{2 * g} = 0 \text{ (variación del nivel del estanque despreciable)}$$

La ecuación 52 quedará

$$e_5 = 135m$$

Para el estado 6 corresponde al nivel de dinámico del pozo 1, en este punto se considera:

$$e_6 = z_6 + \frac{V_6^2}{2g} + \frac{P_6}{\gamma} \tag{53}$$

$z_6 = 3m$ (Es la diferencia de altitud entre el nivel dinámico del pozo 3 y el nivel dinámico del pozo 1).

$$\frac{P_6}{\gamma} = 0 \text{ (se tomará la presión manométrica, el pozo no está presurizado).}$$

$$\frac{V_6^2}{2 * g} = 0 \text{ (variación del nivel de dinámico despreciable).}$$

En consecuencia la ecuación 53 quedará

$$e_6 = 3m$$

Para definir los estados siguientes es necesario determinar las pérdidas totales para los tramos 2-3, 4-5 y 7-8

$$h_f = f * \frac{L}{D} * \frac{8 * Q^2}{\pi^2 * g * D^4}, \text{ ecuación de pérdida por fricción a lo largo de la}$$

tubería de Darcy-Weisbach (11)

$$h_a = \sum k * \left(\frac{8 * Q^2}{\pi^2 * g * D^4} \right), \text{ ecuación de pérdidas por accesorios en función}$$

del caudal (15)

$$h_{\varphi} = h_f + h_a \text{ pérdidas totales}$$

Para determinar los valores de fricción asociados a los tramos de la tuberías cuyos diámetros nominal son de 150mm (6 pulgadas) y al de 100 mm (4 pulgadas).

El factor de fricción se determinará mediante la ecuación de Colebrook-White (13)

Donde el valor de la rugosidad se obtiene mediante la ecuación (16)

$$\varepsilon = \varepsilon_{inicial} + \alpha * T$$

La rugosidad absoluta para el acero nuevo es de $\varepsilon = 0,046mm$, la evaluación se hará para el periodo de diseño establecido por lo que implica una rugosidad absoluta distinta a la inicial. Para la estimación del coeficiente de proporcionalidad de envejecimiento de tubería, Levin propone una relación entre el coeficiente y las características del agua (Tabla 16).

Tabla 16. Características del agua y su relación con el coeficiente α

Grupo	Características del Agua	Valores de α (mm/año)		
		Mínimo	Medio	Máximo
1	Aguas poco mineralizadas, no agresivas, con poco contenido de minerales y de materia orgánica	0,005	0,025	0,055
2	Aguas poco mineralizadas pero corrosivas (pH reducido), de contenido de hierro y materia orgánica inferior a 3 mg/l	0,055	0,07	0,18
3	Agua muy corrosiva (pH muy bajo), contenido de cloruro y sulfatos menores de 150 mg/l y hierro superior a 3mg/l	0,18	0,2	0,4
4	Aguas corrosivas (Ph reducido), contenido de cloruros y sulfatos entre 500 y 700 mg/l, considerable materia orgánica	0,4	0,51	0,6

5	Aguas muy mineralizadas, de gran dureza, pH superior a 7, residuo sólido superior a 2000 mg/l	0,6	0,7	1
---	---	-----	-----	---

Fuente: “Tuberías a presión”- Manual V. Méndez

Según las características del agua de los pozos pertenece al grupo 1 y se escogerá para el diseño el valor máximo del coeficiente.

$$\alpha = 0,055\text{mm/año}$$

La rugosidad absoluta para el período de diseño establecido quedaría:

$$\varepsilon = 0,046\text{mm} + 0,055\text{mm/año} * 25\text{años}$$

$$\varepsilon = 1,1421\text{mm}$$

Sustituyendo estos valores en la expresión de Colebrook-White (13) obtenemos los valores del factor de fricción y las pérdidas por longitud de tubería a distintos caudales, los resultados se expresan en las tablas 17,18 y 19 para los tramos 2-3, 4-5 y 7-8 respectivamente.

Tabla 17. Perdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo2-3

$v = 1,004 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ (a 20°C)		$D_{\text{int}} = 0,1023 \text{ m}$	$L = 185 \text{ m}$
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	Número de Reynolds (Re)	Factor de fricción (f)	$h_f \text{ (m)}$
0,0000	0,000	0,0000	0,0000
0,0044	55095,770	0,0434	1,1688
0,0056	68869,712	0,0432	1,8190
0,0072	89530,626	0,0430	3,0628
0,0083	103304,568	0,0430	4,0709
0,0100	123965,482	0,0429	5,8514
0,0111	137739,424	0,0429	7,2174
0,0128	158400,338	0,0428	9,5348

Fuente: El autor

Tabla 18. Perdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo4-5

v =1,004x10-6 m2/s (a 20°C)		D_{int} = 0,1541m	L = 540 m
Q (m³/s)	Número de Reynolds (Re)	Factor de fricción (f)	h_f (m)
0,0000	0,000	0,0000	0,0000
0,0044	36575,582	0,0386	0,3910
0,0056	45719,478	0,0382	0,6059
0,0072	59435,321	0,0379	1,0159
0,0083	68579,217	0,0378	1,3477
0,0100	82295,060	0,0376	1,9331
0,0111	91438,956	0,0376	2,3818
0,0224	183929,459	0,0372	9,5493

Fuente: El autor

Tabla 19. Perdidas por fricción a lo largo de la tubería, tramo7-8

v =1,004x10-6 m2/s (a 20°C)		D_{int} = 0,1023 m	L = 70 m
Q (m³/s)	Número de Reynolds (Re)	Factor de fricción (f)	h_f (m)
0,0000	0,000	0,0000	0,0000
0,0044	55095,770	0,0434	0,4422
0,0056	68869,712	0,0432	0,6883
0,0072	89530,626	0,0430	1,1589
0,0083	103304,568	0,0430	1,5403
0,0100	123965,482	0,0429	2,2141
0,0111	137739,424	0,0429	2,7309
0,0128	158400,338	0,0428	3,6078

Fuente: El autor

En la tabla 20 se indican los valores del coeficiente K para distintos accesorios correspondiente a los diámetros nominales de las tuberías de los tramos en estudio.

Tabla 20. Coeficiente K para distintos accesorios

Tramo	codo de 90°	Válvula de compuerta	Válvula de retención de disco oscilante	"T"	Ampliación gradual
2-3	0,51	0,14	0,9	1,08	-
4-5	0,51	-	-	1,08	0,42
7-8	0,51	0,14	0,9	1,08	-

Fuente: Cameron Hidraulic Data (1990)

Se determina las pérdidas por accesorios a distintos caudales, a continuación se presentan los resultados obtenidos en las siguientes tablas:

Tabla 21 Pérdidas por accesorio, tramo 2-3

$\Sigma K = 9,41$	$D_{int} = 0,1023 \text{ m}$
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$h_a \text{ (m)}$
0,0000	0,0000
0,0044	0,1402
0,0056	0,2191
0,0072	0,3703
0,0083	0,4930
0,0100	0,7099
0,0111	0,8764
0,0128	1,1591

Fuente: El autor

Tabla 22 Pérdidas por accesorio, tramo 4-5

$\Sigma K = 5,58$	$D_{int} = 0,1541 \text{ m}$
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$h_a \text{ (m)}$
0,0000	0,0000
0,0044	0,0162
0,0056	0,0252
0,0072	0,0426
0,0083	0,0568
0,0100	0,0818
0,0111	0,1009
0,0224	0,4084

Fuente: El autor**Tabla 23 Pérdidas por accesorio, tramo 7-8**

$\Sigma K = 7,88$	$D_{int} = 0,1023 \text{ m}$
$Q \text{ (m}^3/\text{s)}$	$h_a \text{ (m)}$
0,0000	0,0000
0,0044	0,1174
0,0056	0,1835
0,0072	0,3101
0,0083	0,4128
0,0100	0,5945
0,0111	0,7339
0,0128	0,9706

Fuente: El autor

Los accesorios que se muestran en la tabla 20 son los que primordialmente requiere el sistema para su correcto funcionamiento, las pérdidas por accesorio se multiplicara por un factor de seguridad de 1,2 para cubrir los accesorios que no

fueron incluidos en el sistema. Las siguientes tablas indican las pérdidas totales para los tramos de tuberías:

Tabla 24. Pérdidas totales, tramo 2-3

Q (m³/s)	h_f (m)	h_a (m)	1,2*h_a (m)	h_φ (m)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0044	1,1688	0,1402	0,1683	1,3371
0,0056	1,8190	0,2191	0,2629	2,0819
0,0072	3,0628	0,3703	0,4444	3,5071
0,0083	4,0709	0,4930	0,5916	4,6625
0,0100	5,8514	0,7099	0,8519	6,7033
0,0111	7,2174	0,8764	1,0517	8,2691
0,0128	9,5348	1,1591	1,3909	10,9257

Fuente: El autor

Tabla 25. Pérdidas totales, tramo 4-5

Q (m³/s)	h_f (m)	h_a (m)	1,2*h_a (m)	h_φ (m)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0044	0,3910	0,0162	0,0194	0,4104
0,0056	0,6059	0,0252	0,0303	0,6362
0,0072	1,0159	0,0426	0,0512	1,0671
0,0083	1,3477	0,0568	0,0681	1,4159
0,0100	1,9331	0,0818	0,0981	2,0312
0,0111	2,3818	0,1009	0,1211	2,5029
0,0224	9,5493	0,4084	0,4901	10,0394

Fuente: El autor

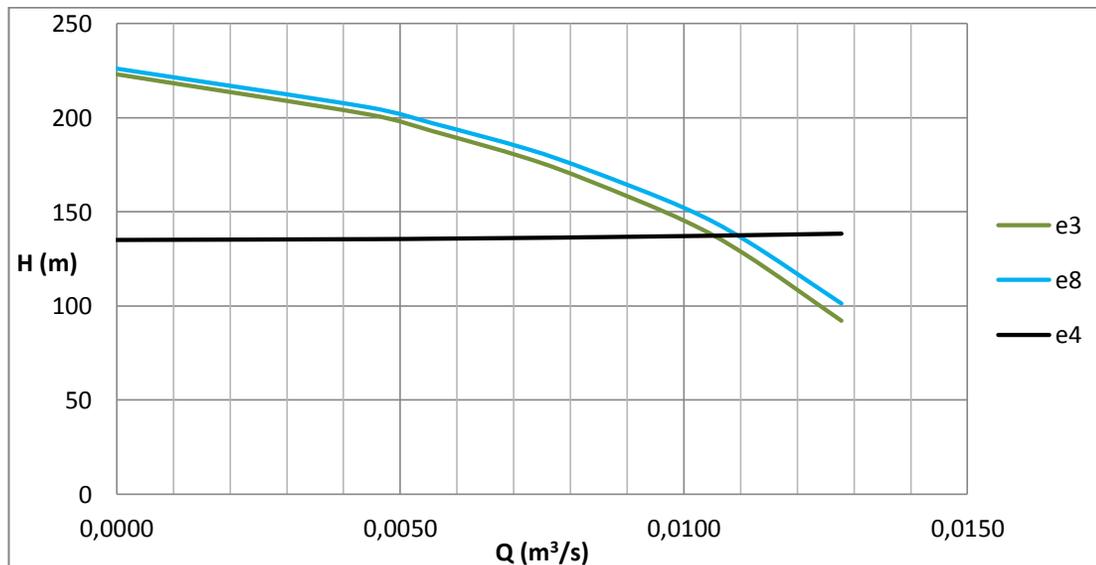
Tabla 26. Pérdidas totales, tramo 7-8

Q (m ³ /s)	h_f (m)	h_a (m)	$1,2 \cdot h_a$ (m)	h_ϕ (m)
0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
0,0044	0,4422	0,1174	0,1409	0,5832
0,0056	0,6883	0,1835	0,2202	0,9085
0,0072	1,1589	0,3101	0,3721	1,5310
0,0083	1,5403	0,4128	0,4954	2,0357
0,0100	2,2141	0,5945	0,7134	2,9274
0,0111	2,7309	0,7339	0,8807	3,6116
0,0128	3,6078	0,9706	1,1648	4,7725

Fuente: El autor

Aplicando las ecuaciones 41,47 y 49, se obtienen las curvas que se muestran en la gráfica 18.

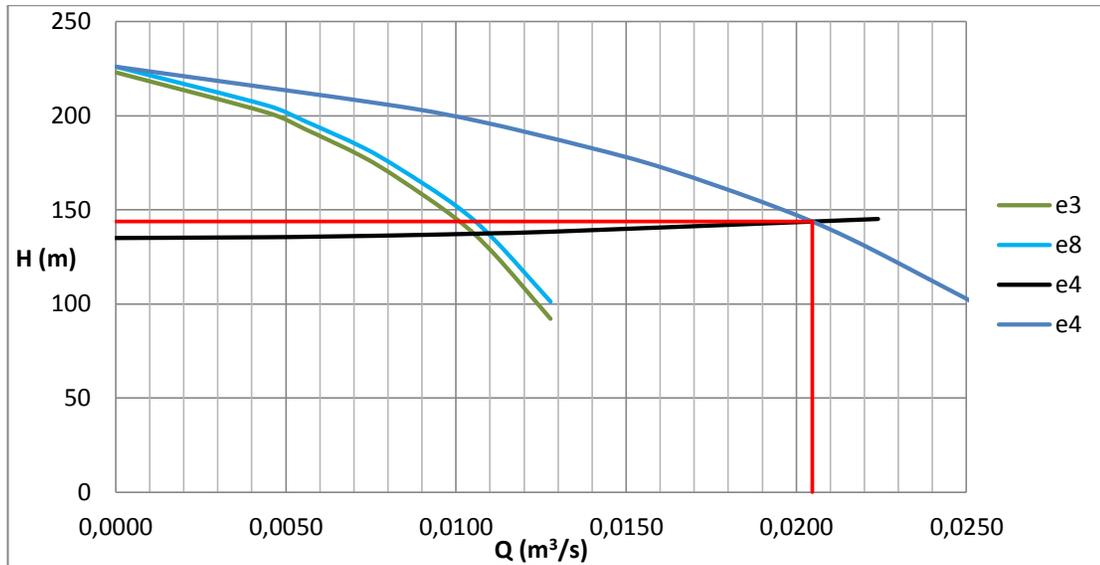
Gráfica 18. Curvas de energía por unidad de peso de los estados 3,4 y 8



Fuente: El autor

Para determinar la otra curva de energía en el estado 4 se utilizó la ecuación 43 y la ecuación 44. El punto intersección entre las dos curvas del estado 4 determinará la energía por unidad de peso que tendrá en ese estado.

Gráfica 19. Curvas de energía por unidad de peso para el estado 4



Fuente: El autor

El estado 4 estará definido por:

$$Q_4 = 0,02047 \text{ m}^3/\text{s} = 20,47 \text{ l/s}$$

$$e_4 = 143,8 \text{ m}$$

De la misma gráfica 21 se obtienen definen los puntos que definen los estados 3 y 8

$$Q_3 = 0,01011 \text{ m}^3/\text{s} = 10,11 \text{ l/s}$$

$$e_3 = 143,8 \text{ m}$$

$$Q_8 = 0,01057 \text{ m}^3/\text{s} = 10,57 \text{ l/s}$$

$$e_8 = 143,8 \text{ m}$$

Para determinar los estados 2 y 7 se utilizarán las ecuaciones 41 y 47 respectivamente obteniendo

$$Q_2 = Q_{b3} = 0,01011 \text{ m}^3/\text{s} = 10,11 \text{ l/s} \text{ (Caudal de operación de la bomba del pozo 3)}$$

$e_2 = H_{b3} = 149,6 \text{ m}$ (Energía que aporta la bomba para el caudal de operación)

$Q_7 = 0,01057 \text{ m}^3/\text{s} = 10,57 \text{ l/s}$

$e_7 = 146,6 \text{ m}$

Utilizando la ecuación 50 se define el punto de operación de la bomba que se encuentra en el pozo 1

$Q_{b1} = 0,01057 \text{ m}^3/\text{s} = 10,57 \text{ l/s}$

$H_{b1} = 143,6 \text{ m}$

El mismo procedimiento se realizó para los otros modelos de bomba arrojando los resultados que se expresan en la tabla 27

Tabla 27. Punto de operación en el sistema de las bombas y de la realidad

Bombas sumergibles		Pozo	H_b	Q_b	$Q_{\text{max-pozo}}$
KSB UPA 150C-30	Modelo 13	1	150	0,0091	0,0092
		3	156,3	0,00868	0,0097
	Modelo 14	1	143,6	0,01057	0,0092
		3	149,6	0,01011	0,0097
EBARA MSH 516	Modelo 12	1	150	0,00921	0,0092
		3	154,7	0,00893	0,0097
	Modelo 13	1	152,7	0,0101	0,0092
		3	156,8	0,00982	0,0097

Fuente: El autor

Los modelos 13 y 14 de las bombas de marca EBARA y KSB no cumplen con los parámetros que requiere el sistema para el abastecimiento de agua, debido a que el caudal obtenido sobrepasa el caudal máximo que se puede extraer de los pozos. Se requiere para aprovechar el pozo a su máxima capacidad una bomba que pueda operar a un caudal similar al caudal máximo del pozo. Para seleccionar la bomba a utilizar se estudiarán los parámetros que se indican en la tabla 28

Tabla 28. Características de las bombas

Bombas sumergibles		Pozo	H _{op} (m)	Q _{op} (m ³ /s)	η (%)	Nh (kw)	Ne (kw)
KSB UPA 150C-30	Modelo	1	150	0,0091	76,4	13,36	17,49
	13	3	156,3	0,00868	75,7	13,28	17,54
EBARA MSH 516	Modelo	1	150	0,00921	69,8	13,52	19,37
	12	3	154,7	0,00893	69	13,79	19,99

Fuente: El autor

Para el punto de operación requerido la bomba KSB UPA 150C-30 modelo 13 presenta una eficiencia mayor a la EBARA MSH 516, en consecuencia se seleccionara la bomba de marca KSB para los pozos en estudio.

5.2.4 Golpe de Ariete para el sistema de bombeo

El caso crítico de golpe de ariete, ocurre por una detención de emergencia de las bombas o por una falla en el suministro eléctrico en los motores que las accionan, provocando que la columna del líquido contenida en la tubería retorne a la bomba. Para evitar que las mismas giren en sentido contrario al que fue diseñado se coloca una válvula de retención (check) en la descarga. En el momento de la detención las válvulas se cierran, impidiendo el paso del fluido a las bombas generando así el golpe de ariete.

El tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa debido al cierre de la válvula se determina mediante la ecuación 31

$$t_o = 2 * L/a$$

Donde:

L: longitud de la tubería

a: Celeridad de propagación de onda

Se considera que si el tiempo de cierre de la válvula es menor al tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa (t_o) tendremos un *cierre rápido*. Sin embargo, si el tiempo de cierre de la válvula es mayor se considera un *cierre lento*.

$$t_c < \frac{2*L}{a} \quad \text{cierre rápido}$$

$$t_c > \frac{2*L}{a} \quad \text{cierre lento}$$

La celeridad de propagación de onda se determinó mediante la ecuación 23

$$a = \sqrt{\frac{\frac{E}{\rho}}{1 + \left(\frac{E*D}{E_c*e}\right)*C}}$$

Dónde:

$E = 2,2 \times 10^8 \text{ Kg/m}^2$, módulo de elasticidad del agua

$\rho = 998,2 \text{ Kg/m}^3$, densidad del agua.

$D = 102,3 \text{ mm}$, diámetro interno para una tubería comercial de 4 Pulgadas Cedula 40.

$e = 6,02 \text{ mm}$, espesor de pared para una tubería comercial de 4 Pulgadas Cedula 40.

$E_c = 2,1 \times 10^{10} \text{ Kg/m}^2$, módulo de elasticidad del acero.

$C = 1$, factor que depende de las restricciones de la tubería ($C = 1$ Para tuberías enterradas)

Sustituyendo en la ecuación 23, tenemos que:

$$a = 1.354,5 \text{ m/s}$$

Para el cálculo del tiempo que tarda la onda de presión en dar una oscilación completa se estudió el caso más crítico en el sistema, el cual es para la bomba cuya longitud de tubería de impulsión es menor, tal es el caso de la bomba ubicada en el pozo 1 (Longitud 570 metros), de esta manera se conocerá el valor máximo de sobre presión en el sistema. Utilizando la ecuación 31 se obtiene:

$$t_o = 0,84 \text{ s}$$

Para determinar la sobrepresión en el sistema se estudiaran los casos de *cierre rápido* y de *cierre lento*:

➤ *Cierre rápido* ($t_c < 0,84 \text{ s}$)

La sobrepresión se calcula mediante la ecuación 30

$$H_a = \frac{a*V}{g}$$

- *Cierre lento* ($t_c > 0,84s$)

La sobrepresión es calculada mediante la siguiente ecuación:

$$H_a = k * \frac{L * V}{g * t_c}$$

Donde k (efecto de elástico de la tubería, normalmente $< 1,5$)

Donde

t_c : Tiempo de cierre de la válvula

V : Velocidad del fluido

L : Longitud de la tubería de impulsión

La máxima presión que estará expuesta la tubería del sistema se determina adicionando la sobrepresión ocasionada por el golpe de ariete, a la presión de operación del sistema (H_{op} , presión de descarga de la bomba).

Los resultados del cálculo de sobrepresión y la máxima presión en el sistema se indican en la tabla 29.

Tabla 29. Sobrepresión y máxima presión en el sistema de bombeo

Tipo de cierre	H_a (m)	P_a (psi)	H_{max} (m)	P_{max} (psi)
<i>Cierre lento</i> (Caso crítico $t_c = 0,84s/ k = 1,5$)	121,39	172,3	284,39	403,66
<i>Cierre rápido</i>	161,54	229,29	324,54	460,7

Fuente: El autor

5.2.5 Especificaciones de las válvulas

La selección de las válvulas se realizó de acuerdo, a la función que deben cumplir, a la máxima presión que serán sometidas y a las dimensiones de las tuberías en las que serán instaladas.

- Válvula a la descarga de la bomba antes de la conexión múltiple (conexión de la tubería a la salida de la bomba del pozo 1 con el 2 y del pozo 3 con el 4):

Esta válvula será ubicada en la tubería de acero de D=4 Pulgadas. La presión máxima a la cual estará sometida es de 163 m (231,46 psi)

Tipo:	Compuerta
Vástago:	Ascendente
Instalación:	Horizontal
Diámetro:	4 pulgadas
Material del cuerpo:	Acero fundido
Presión nominal:	211,36 m (300 psi)
Extremos:	Unión brida – brida
Operación:	Volante
Norma:	ANSI

- Válvula de retención del sistema de descarga: esta válvula estará ubicada después de la unión de la tubería impulsión del pozo 1 con el 2 y del pozo 3 con el 4, esta válvula se someterá a las máximas presiones provocadas por el efecto del golpe de ariete 324,54 m (460,7 psi).

Tipo:	check oscilante (swing)
Instalación:	Horizontal
Diámetro:	4 pulgadas
Material del cuerpo:	Acero fundido
Presión nominal:	422,7 m (600 psi)
Extremos:	Unión brida – brida
Norma:	ANSI

- Válvula para reparación de la tubería: esta válvula será ubicada en la tubería de acero de D=4 Pulgadas antes de la conexión de la tubería de impulsión proveniente de los pozos 1 y 2 con la tubería proveniente de los pozos 3 y 4. La máxima presión que trabajara esta válvula será de 324,54 m (460,7 psi) provocadas por el de golpe de ariete.

Tipo:	Compuerta
Vástago:	Ascendente
Instalación:	Horizontal

Diámetro:	4 pulgadas
Material del cuerpo:	Acero fundido
Presión nominal:	422,7 m (600 psi)
Extremos:	Unión brida – brida
Operación:	Volante
Norma:	ANSI

5.2.6 Especificaciones de tuberías

- Tubería desde la descarga de la bomba hasta la conexión múltiple

Tipo:	Sch 40
Material:	Acero al carbono
Diámetro nominal:	100mm (4 pulgadas)
Diámetro exterior:	114,3mm (4,5 pulgadas)
Diámetro interior:	102,3mm (4,026 pulgadas)
Espesor:	6,02mm (0,237 pulgadas)

- Tubería desde conexión múltiple hasta el estanque:

Tipo:	Sch 40
Material:	Acero al carbono
Diámetro nominal:	150mm (6 pulgadas)
Diámetro exterior:	168,3 mm (6,625 pulgadas)
Diámetro interior:	154,1 mm (6,065 pulgadas)
Espesor:	7,11 mm (0,280 pulgadas)

5.2.7 Especificaciones del motor de la bomba seleccionada

Marca	KSB
Modelo	UMA 150D 18/21
Tipo	Eléctrico trifásico de Inducción Rotor jaula de ardilla
Número de polos	2
Frecuencia	60 Hz
Tensión	460 Voltios

Intensidad nominal	40,5 Amp.
Potencia nominal	22 kW
Factor de potencia	0,83
Frecuencia de giro	3500 RPM
Eficiencia mecánica	82,5 %

5.5.8 Instalación Eléctrica

Para la potencia nominal del motor de 22kW se seleccionó un arrancador suave eléctrico marca SIEMENS modelo SIRIUS 3RW44 debido a que mejora las características del arranque en comparación con el arranque directo y el arranque estrella-triángulo. Este modelo viene equipado con un relé electrónico de sobrecarga, utiliza fusibles ultrarrápidos SITOP que incrementa el grado de protección de los tiristores frente a un corto circuito y posee un By-Pass integrado que permite que los tiristores se liberen una vez concluido el proceso de arranque.

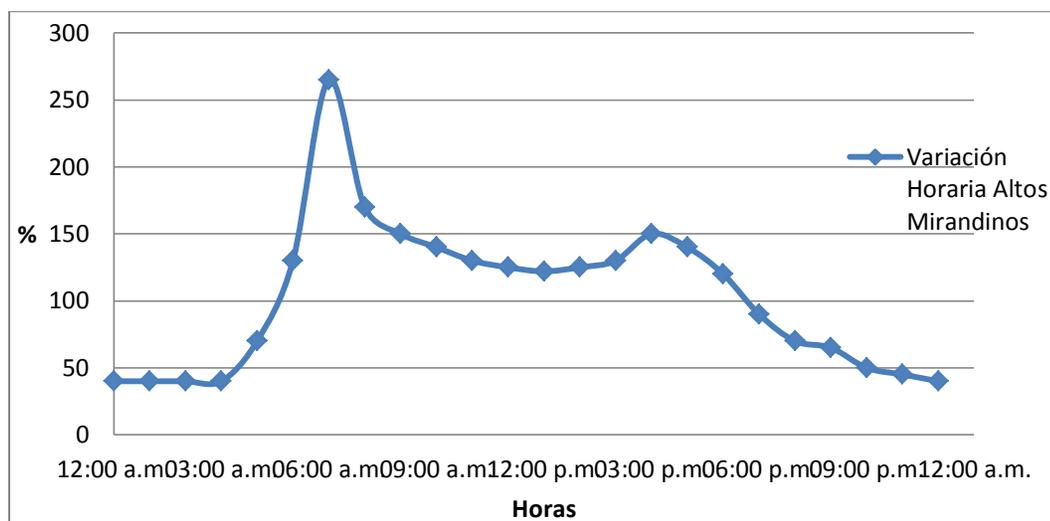
5.2.9 Estanque de almacenamiento

El estanque tiene la finalidad compensar las variaciones de consumo que presenta la comunidad. Para determinar la capacidad que debe tener el estanque se requiere realizar un análisis del consumo horario de la comunidad y la rata de bombeo.

5.2.9.1 Variación horaria en el consumo de agua

La variación de consumo se basa en una variación porcentual de la demanda promedio durante las 24 horas del día. En la gráfica 20 se observa esta variación para los Altos Mirandinos

Gráfica 20. Variación horaria Altos Mirandinos



Fuente: Gerencia de proyectos Hidrocapital-Sistema Panamericano

En la tabla 30 se indica la variación horaria de la comunidad de Barrio Miranda II ($Q_m = 12,76 \text{ l/s} = 45,94 \text{ m}^3/\text{h}$).

Tabla 30. Variación horaria Barrio Miranda II

HORA	%	% Q_m (l/s)	% Q_m (m^3/h)	Q acumulado (m^3)
12:00 a.m.	40	18,37	66,15	0,00
01:00 a.m.	40	18,37	66,15	66,15
02:00 a.m.	40	18,37	66,15	132,30
03:00 a.m.	40	18,37	66,15	198,44
04:00 a.m.	70	32,16	115,76	314,20
05:00 a.m.	130	59,72	214,98	529,18
06:00 a.m.	265	121,73	438,23	967,41
07:00 a.m.	170	78,09	281,13	1248,54
08:00 a.m.	150	68,90	248,05	1496,59
09:00 a.m.	140	64,31	231,52	1728,11
10:00 a.m.	130	59,72	214,98	1943,09
11:00 a.m.	125	57,42	206,71	2149,80
12:00 p.m.	122	56,04	201,75	2351,56
01:00 p.m.	125	57,42	206,71	2558,27

02:00 p.m.	130	59,72	214,98	2773,25
03:00 p.m.	150	68,90	248,05	3021,30
04:00 p.m.	140	64,31	231,52	3252,82
05:00 p.m.	120	55,12	198,44	3451,26
06:00 p.m.	90	41,34	148,83	3600,10
07:00 p.m.	70	32,16	115,76	3715,85
08:00 p.m.	65	29,86	107,49	3823,35
09:00 p.m.	50	22,97	82,68	3906,03
10:00 p.m.	45	20,67	74,42	3980,45
11:00 p.m.	40	18,37	66,15	4046,59
12:00 a.m.	40	18,37	66,15	4112,74

Fuente: Gerencia de proyectos Hidrocapital-Sistema Panamericano

5.3.9.2 Rata de bombeo

Para mantener un buen funcionamiento de las bombas sumergibles y prolongar el tiempo de vida útil, la empresa Hidrocapital recomienda que las mismas operen entre 8 y 12 horas, escogiendo como tiempo de operación el máximo en el rango establecido. El caudal de bombeo será $Q_b = 17,78 \text{ l/s} = 64,01 \text{ m}^3/\text{h}$.

El volumen de agua total que será bombeado durante las 12 horas se determina de acuerdo a la siguiente expresión:

$$64,01 \text{ m}^3/\text{h} * 12\text{h} = 768,12 \text{ m}^3$$

5.3.9.3 Capacidad del estanque

Para determinar la capacidad del estanque se compara el caudal que requiere la comunidad con el bombeado:

Tabla 31. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II

HORA	CONSUMO (m³)	BOMBEO (m³)	ALMACENAMIENTO (m³)	CONSUMO (m³)
12:00 a.m.	-			
01:00 a.m.	18,37			18,37
02:00 a.m.	18,37			18,37
03:00 a.m.	18,37			18,37
04:00 a.m.	32,16			32,16
05:00 a.m.	59,72			59,72
06:00 a.m.	121,73			121,73
07:00 a.m.	78,09	64,01	-14,08	14,08
08:00 a.m.	68,90	64,01	-4,90	4,90
09:00 a.m.	64,31	64,01	-0,30	0,30
10:00 a.m.	59,72	64,01	4,29	
11:00 a.m.	57,42	64,01	6,59	
12:00 p.m.	56,04	64,01	7,97	
01:00 p.m.	57,42	64,01	6,59	
02:00 p.m.	59,72	64,01	4,29	
03:00 p.m.	68,90	64,01	-4,90	4,90
04:00 p.m.	64,31	64,01	-0,30	
05:00 p.m.	55,12	64,01	8,88	
06:00 p.m.	41,34	64,01	22,67	
07:00 p.m.	32,16			32,16
08:00 p.m.	29,86			29,86
09:00 p.m.	22,97			22,97
10:00 p.m.	20,67			20,67
11:00 p.m.	18,37			18,37
12:00 a.m.	18,37			18,37
TOTAL	1142,43	768,12	61,27	435,30

Fuente: El autor

De la tabla 31 se concluye que el caudal bombeado no es suficiente para abastecer a toda la comunidad de Barrio Miranda II, las redes de tuberías cercanas se encuentran saturadas y el proyecto limita la utilización de los pozos ya construidos. Se propuso un ciclo de servicio que establece abastecer a la parte alta (Unión Nueva Esperanza y Terrazas de Miranda parte alta) y a la parte baja (Terrazas de Canaán, Terrazas de Miranda parte baja y Los Planes) del sector en días alternos. Los caudales medios correspondientes se indican en la siguiente tabla:

Tabla 32. Caudales medios para la parte alta y baja del sector

Barrio Miranda II		Qm (l/s)	Qm (m³/h)
Parte alta	Unión Nueva Esperanza	3,55	12,78
	Terrazas de Miranda parte alta	2,26	8,136
	TOTAL	5,81	20,916
Parte baja			
Parte baja	Terrazas de Canaán	1,5	5,4
	Terrazas de Miranda parte baja	1,95	7,02
	Los Planes	3,5	12,6
	TOTAL	6,95	25,020

Fuente: El autor

En las tablas 33 y 34 se expresan los resultados obtenidos de la comparación del caudal requiere la comunidad con el bombeado para la parte alta y baja del sector respectivamente.

Tabla 33. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II, parte alta

Qm = 5,81 l/s = 20,916 m3/h				
HORA	CONSUMO (m³)	BOMBEO (m³)	ALMACENAMIENTO (m³)	CONSUMO (m³)
12:00 a.m.	-			
01:00 a.m.	8,37			8,37
02:00 a.m.	8,37			8,37
03:00 a.m.	8,37			8,37
04:00 a.m.	14,64			14,64
05:00 a.m.	27,19			27,19
06:00 a.m.	55,43			55,43
07:00 a.m.	35,56	64,01	28,45	
08:00 a.m.	31,37	64,01	32,64	
09:00 a.m.	29,28	64,01	34,73	
10:00 a.m.	27,19	64,01	36,82	
11:00 a.m.	26,15	64,01	37,87	
12:00 p.m.	25,52	64,01	38,49	
01:00 p.m.	26,15	64,01	37,87	
02:00 p.m.	27,19	64,01	36,82	
03:00 p.m.	31,37	64,01	32,64	
04:00 p.m.	29,28	64,01	34,73	
05:00 p.m.	25,10	64,01	38,91	
06:00 p.m.	18,82	64,01	45,19	
07:00 p.m.	14,64			14,64
08:00 p.m.	13,60			13,60
09:00 p.m.	10,46			10,46
10:00 p.m.	9,41			9,41
11:00 p.m.	8,37			8,37
12:00 a.m.	8,37			8,37

TOTAL	520,18	768,12	435,14	187,20
--------------	---------------	---------------	---------------	---------------

Fuente: El autor

Tabla 34. Caudal requerido y el caudal bombeo, sector Barrio Miranda II, parte baja

Qm = 6,95 l/s = 25,02 m3/h				
HORA	CONSUMO (m³)	BOMBEO (m³)	ALMACENAMIENTO (m³)	CONSUMO (m³)
12:00 a.m.	-			
01:00 a.m.	10,01			10,01
02:00 a.m.	10,01			10,01
03:00 a.m.	10,01			10,01
04:00 a.m.	17,51			17,51
05:00 a.m.	32,53			32,53
06:00 a.m.	66,30			66,30
07:00 a.m.	42,53	64,01	21,48	
08:00 a.m.	37,53	64,01	26,48	
09:00 a.m.	35,03	64,01	28,98	
10:00 a.m.	32,53	64,01	31,48	
11:00 a.m.	31,28	64,01	32,74	
12:00 p.m.	30,52	64,01	33,49	
01:00 p.m.	31,28	64,01	32,74	
02:00 p.m.	32,53	64,01	31,48	
03:00 p.m.	37,53	64,01	26,48	
04:00 p.m.	35,03	64,01	28,98	
05:00 p.m.	30,02	64,01	33,99	
06:00 p.m.	22,52	64,01	41,49	
07:00 p.m.	17,51			17,51
08:00 p.m.	16,26			16,26
09:00 p.m.	12,51			12,51

10:00 p.m.	11,26			11,26
11:00 p.m.	10,01			10,01
12:00 a.m.	10,01			10,01
TOTAL	622,25	768,12	369,80	223,93

Fuente: El autor

De acuerdo con la tabla 33 el volumen del estanque debe ser de 435,14 m³ para abastecer a la parte alta del sector Barrio Miranda II. La tabla 34 arroja como resultado que el volumen debe ser 369,8m³ para abastecer a la parte baja. Se construirá un solo estanque que pueda abastecer a la parte alta y baja del sector en los días que les corresponde el servicio de agua potable. La capacidad seleccionada del estanque será de 435m³.

CAPÍTULO VI

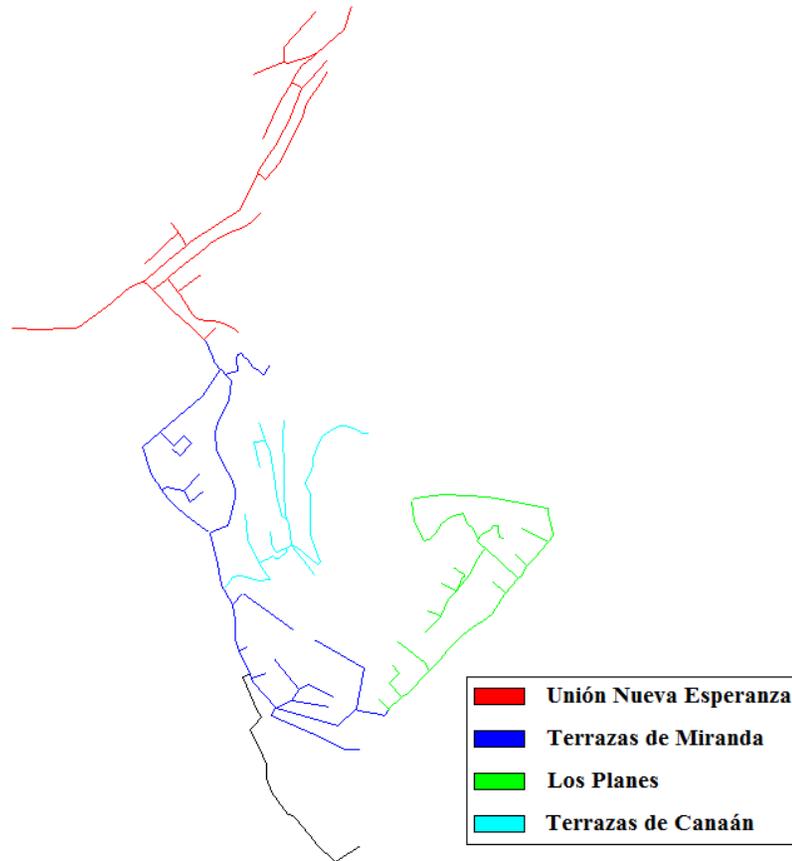
6. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

6.1 Definición de la trayectoria de la tubería

Para definir las líneas de tubería se realizó un trazado sobre el plano del sector identificando las futuras trayectorias de la red dentro del área de estudio. El punto de comienzo de las tuberías es la salida del estanque, que se encuentra aproximadamente a una altitud de 1340 m.s.n.m.

El sistema de distribución recorrerá las calles y callejones de los sub-sectores de Barrio Miranda II que presenten tres (3) o más vivienda en toda su extensión. En la figura 9 se indican los trazados de tuberías propuestas

Figura 9. Trazado de las tuberías propuestas para la distribución



Fuente: El autor

6.2 Características de las tuberías de distribución

Se utilizará como material de las tuberías propuestas Polietileno de Alta Densidad (PEAD), se selecciona este material por su flexibilidad, su fácil instalación, por tener longitudes mayores lo cual reduce el número de uniones (menor costo), entre otras características. Es indispensable la determinación adecuada del diámetro de la tubería con una velocidad del fluido que se encuentre entre los valores permisibles, para no generar problemas en las mismas.

6.2.1 Diámetro de las tuberías de distribución

Para el cálculo del diámetro se utilizó como caudal de diseño, el correspondiente al consumo máximo diario. Los mismos se especifican en la tabla 5

para cada sub-sector. El consumo máximo diario del sector será el utilizado para el cálculo del diámetro de la tubería de salida del estanque, utilizando la ecuación de continuidad para flujos incompresibles (6) y la velocidad media de 1 m/s, se obtiene que:

$$D_{\text{int}} = 139,63 \text{ mm}$$

6.2.2 Espesor y SDR de las tuberías de distribución

Para el cálculo del espesor de las tuberías se debe considerar la Resistencia Mínima Requerida, MRS (Minimum Required Strength) del material. La tensión de diseño σ se obtiene al aplicar un coeficiente de diseño “C” sobre el valor MRS del material (C=1,25 para PE, norma ISO 12162).

$$\sigma = \text{MRS}/C$$

En la siguiente tabla se especifican los valores MRS y sus σ correspondientes.

Tabla 35. Valores de la Resistencia mínima requerida

Designación del Material	MRS (MPa) a 50 años y 20°C	Tensión de diseño (Mpa)
PE 100	10	8

Fuente: Catalogo de polietileno de alta densidad “El tigre”

Todas las tuberías se diseñan para resistir una presión interna específica. Esta es la presión nominal PN, que indica la máxima presión de trabajo a la cual la línea (sistema) completa puede ser sometida en operación continua a una determinada temperatura.

Para el cálculo del espesor de la tubería se utilizó la siguiente ecuación:

$$e = \frac{P * D}{2 * \sigma}$$

Dónde:

σ = tensión de diseño, MPa

p = presión interna, MPa

d = diámetro externo de la tubería, mm

e = espesor de pared mínimo, mm

Se ha definido que para tuberías de la misma clase (presión de trabajo), la relación diámetro/espesor es igual. Esta es la relación es un número adimensional que identifica una clase de presión (a menor SDR, mayor presión).

$$SDR = \frac{D}{e}$$

En donde D es el diámetro externo. En la tabla 36 se expresa el resultado para la tubería de salida del estanque que abastecerá a la comunidad.

Tabla 36. Espesor y SDR teóricos, de la tubería de la salida del estanque

Tubería	D _{int} (mm)	e _{min} (mm)	D _{ext} (mm)	SDR
Salida del estanque	139,63	3,9	147,43	35,8

Fuente: El autor

El diámetro externo comercial que más se aproxima al valor teórico es el correspondiente a la tubería de 160mm de diámetro. La empresa HIDROCAPITAL considera tuberías para acueductos las que poseen un SDR de 17 o menor. Así que, se seleccionarán las tuberías para un SDR de 17 o menor si el caso lo requiere.

Es necesario comprobar si la velocidad media del fluido se encuentra en el rango de velocidades permitidos para la tubería PEAD 160mm de diámetro y con un SDR 17 (Tabla 37).

Tabla 37. Velocidad media para la tubería de salida del estanque

Q _{max-diario} (m ³ /s)	SDR	D _{ext} (mm)	e (mm)	D _{int} (mm)	V (m/s)
0,01531	17	160	9,5	141	0,98

Fuente: El autor

Los diámetros, espesores, SDR y longitud de las tuberías del sistema de distribución se definirán por los nodos en el apartado 6.6

6.3 Simulación Hidráulica para el sistema de distribución

En la simulación hidráulica se estudiará el comportamiento de la red de tubería propuesta arrojando distintos parámetros de interés que permiten determinar si la red propuesta es adecuada.

6.3.1 Nodos de simulación

Los nodos son elementos de entrada por el usuario en el software WaterGems. En estos puntos se introducen los valores topográficos, la variación horaria con respecto a la dotación y el caudal demandado.

Para la selección adecuada de los nodos se emplearon los siguientes criterios:

- **Puntos altos y puntos bajos:** cualquier condición en el recorrido de una calle que presente un cambio de pendiente será seleccionado como nodo. Estos puntos son clave en la simulación de la red ya que representan condiciones críticas en la mayoría de los casos.
- **Distancia máxima de 200m entre puntos:** A medida que se coloque más nodos se conocerá mejor el comportamiento de la red propuesta
- **Intercepciones y cruces:** Tener el conocimiento del comportamiento en intercepciones y cruces es importante debido a que en estos puntos se colocaran válvulas, cambio de sección, anclajes, tee, entre otros accesorios y es necesario conocer la presión que se manejaran en esos puntos.
- **Fin de calle y callejones:** estos puntos representan los límites de la red, por ende se debe tener un conocimiento de su condición.

En las siguientes tablas se indican los nodos seleccionados para cada sub-sector, con su respectiva altitud y caudal demandado.

Tabla 38. Nodos seleccionados, Unión Nueva Esperanza

NODO	Altitud (m)	Qm (l/s)	Variación
U-1	1.309,00	0,13	Curva Horaria
U-1.1	1.310,00	0,06	Curva Horaria
U-3	1.310,00	0,06	Curva Horaria
U-3.1	1.308,00	0,04	Curva Horaria
U-3.1.1	1.306,00	0	Curva Horaria
U-3.2	1.300,00	0,09	Curva Horaria
U-3.2.1	1.302,00	0,14	Curva Horaria
U-3.2.1´	1.305,00	0,09	Curva Horaria
U-3.2´	1.302,00	0,07	Curva Horaria
U-3.2´´	1.305,00	0,11	Curva Horaria
U-4	1.310,00	0	Curva Horaria
U-4.1	1.310,00	0,09	Curva Horaria
U-4.1´	1.310,00	0,09	Curva Horaria
U-4.1´´	1.309,00	0,32	Curva Horaria
U-5	1.305,00	0,21	Curva Horaria
U-5.1	1.306,00	0,03	Curva Horaria
U-5.1.1	1.305,00	0,04	Curva Horaria
U-5.2	1.307,00	0,13	Curva Horaria
U-6	1.296,00	0,13	Curva Horaria
U-6.1	1.287,00	0,09	Curva Horaria
U-6.1´	1.294,00	0,1	Curva Horaria
U-6.1´´	1.295,00	0,03	Curva Horaria
U-7	1.288,00	0,23	Curva Horaria
U-7.1	1.288,00	0	Curva Horaria
U-7.1.1	1.285,00	0	Curva Horaria
U-7.1.2	1.270,00	0,17	Curva Horaria
U-7.1.2´	1.277,00	0,1	Curva Horaria
U-7.2	1.296,00	0,23	Curva Horaria
U-8	1.288,00	0,09	Curva Horaria

UB-1	1.280,00	0	Curva Horaria
UB-1.1	1.278,00	0,12	Curva Horaria
UB-2	1.271,00	0,13	Curva Horaria
UC-1	1.306,00	0,15	Curva Horaria
Ui-1	1.305,00	0,18	Curva Horaria
UN-2	1.311,00	0,11	Curva Horaria

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 39. Nodos seleccionados, Terrazas de Miranda

NODO	Altitud (m)	Qm (l/s)	Variación
PARTE ALTA			
S1-2	1.301,00	0	Curva Horaria
A-4	1.293,00	0,17	Curva Horaria
A-4´	1.296,00	0,09	Curva Horaria
A-4´´	1.295,00	0,14	Curva Horaria
A-5	1.306,00	0,12	Curva Horaria
A-5.1	1.284,00	0,1	Curva Horaria
A-5.1´	1.296,00	0,12	Curva Horaria
A-5´	1.298,00	0,12	Curva Horaria
A-5´´	1.303,00	0,14	Curva Horaria
A-5´´´	1.300,00	0,16	Curva Horaria
A-6	1.307,00	0	Curva Horaria
A-6.1	1.312,00	0,12	Curva Horaria
A-6.1.1	1.312,00	0,23	Curva Horaria
A-6.1´	1.309,00	0,1	Curva Horaria
A-6.2	1.313,00	0,07	Curva Horaria
A-6.3	1.304,00	0,14	Curva Horaria
A-6.3.1	1.306,00	0	Curva Horaria
A-6.3.2	1.305,00	0,13	Curva Horaria
AT-1	1.306,00	0,13	Curva Horaria
PARTE BAJA			

S1-3	1.301,00	0	Curva Horaria
A-1	1.303,00	0,06	Curva Horaria
A-1.1	1.306,00	0,15	Curva Horaria
A-3	1.294,00	0	Curva Horaria
A-3.1	1.297,00	0,05	Curva Horaria
A-3.2	1.293,00	0,34	Curva Horaria
B-1	1.301,00	0	Curva Horaria
B-1.1	1.305,00	0,12	Curva Horaria
B-2	1.299,00	0,09	Curva Horaria
B-2.1	1.302,00	0	Curva Horaria
B-2.1´	1.300,00	0,15	Curva Horaria
B-2.2	1.300,00	0	Curva Horaria
B-2.2.1	1.302,00	0,14	Curva Horaria
B-2.3	1.301,00	0,14	Curva Horaria
B-3	1.288,00	0,09	Curva Horaria
B-3.1	1.284,00	0	Curva Horaria
B-3.2	1.285,00	0,35	Curva Horaria
B-3´	1.292,00	0,22	Curva Horaria
BT-1	1.298,00	0,22	Curva Horaria

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 40. Nodos seleccionados, Los Planes

NODO	Altitud (m)	Qm (l/s)	Variación
P-2	1.289,00	0,03	Curva Horaria
P-2.1	1.288,00	0,05	Curva Horaria
P-3	1.287,00	0,02	Curva Horaria
P-3.2	1.286,00	0,11	Curva Horaria
P-4	1.287,00	0,12	Curva Horaria
P-4.1	1.286,00	0,13	Curva Horaria
P-5	1.289,00	0,13	Curva Horaria
P-5.1	1.288,00	0,16	Curva Horaria

P-5.1.1	1.286,00	0,09	Curva Horaria
P-5.2	1.285,00	0,12	Curva Horaria
P-6	1.294,00	0,1	Curva Horaria
P-7	1.292,00	0,08	Curva Horaria
P-7.1	1.291,00	0,05	Curva Horaria
P-8	1.292,00	0,03	Curva Horaria
P-8.1	1.295,00	0,12	Curva Horaria
P-8.1.1	1.296,00	0,02	Curva Horaria
P-8.1.2	1.296,00	0,05	Curva Horaria
P-8.2	1.288,00	0,12	Curva Horaria
P-8.2.1	1.284,00	0,08	Curva Horaria
P-8.2.3	1.286,00	0,07	Curva Horaria
P-9	1.292,00	0,03	Curva Horaria
P-9.1	1.292,00	0,6	Curva Horaria
P-10	1.291,00	0,07	Curva Horaria
P-10.1	1.292,00	0,12	Curva Horaria
P-11	1.286,00	0,03	Curva Horaria
P-11.1	1.265,00	0,11	Curva Horaria
P-11.1´	1.283,00	0,08	Curva Horaria
P-11.1´´	1.272,00	0,12	Curva Horaria
P2-11.1	1.265,00	0,3	Curva Horaria
P2-11.1´	1.276,00	0,225	Curva Horaria
P2-11.1´´	1.269,00	0,18	Curva Horaria

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 41. Nodos seleccionados, Terrazas de Canaán

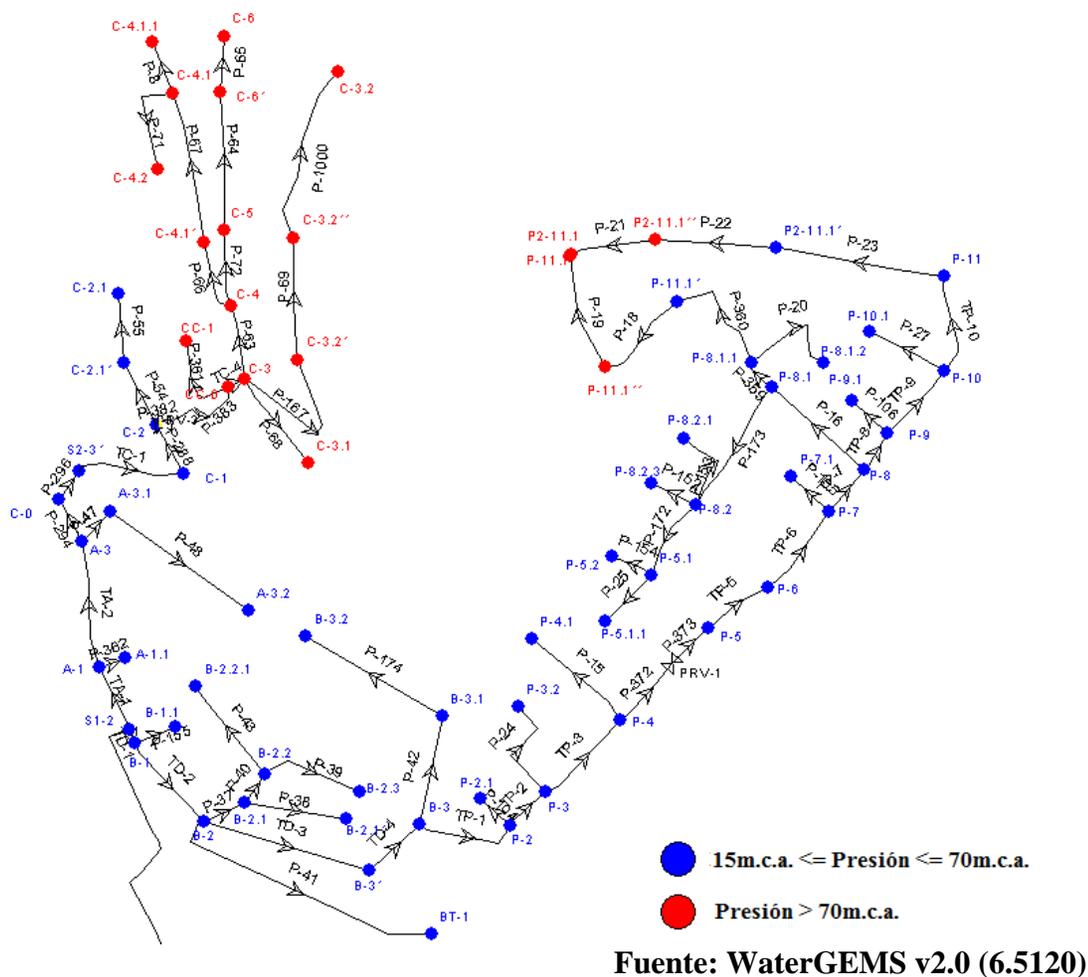
NODO	Altitud (m)	Q_m (l/s)	Variación
C-0	1.297,00	0	Curva Horaria
C-1	1.280,00	0,03	Curva Horaria
C-2	1.282,00	0,06	Curva Horaria
C-2.1	1.284,00	0,13	Curva Horaria
C-2.1´	1.282,00	0,16	Curva Horaria
C-3	1.261,00	0	Curva Horaria
C-3.1	1.260,00	0,1	Curva Horaria
C-3.2	1.242,00	0,05	Curva Horaria
C-3.2´	1.258,00	0,12	Curva Horaria
C-3.2´´	1.269,00	0	Curva Horaria
C-4	1.261,00	0,09	Curva Horaria
C-4.1	1.268,00	0,11	Curva Horaria
C-4.1.1	1.268,00	0,12	Curva Horaria
C-4.1´	1.267,00	0,07	Curva Horaria
C-4.2	1.269,00	0,11	Curva Horaria
C-5	1.263,00	0,06	Curva Horaria
C-6	1.263,00	0,13	Curva Horaria
C-6´	1.261,00	0,12	Curva Horaria
CC-0	1.263,00	0,03	Curva Horaria
CC-1	1.273,00	0,02	Curva Horaria

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

6.4 Resultados de la simulación

Se realizó la simulación hidráulica para el sistema de distribución utilizando los nodos que se seleccionaron en el apartado 6.3.1. Se define como parámetro importante la presión que tendrá cada nodo en el sistema, esta presión tiene como rango permitido de 15m.c.a. a 70m.c.a. según el *manual de abastecimiento de agua-INOS* y la velocidad del fluido de transporte debe estar entre 0,6 y 3 m/s

Figura 11. Intervalos de presión en el sistema, hora 12:00am. Continuación



A continuación se presentan los resultados de la simulación hidráulica para cada sub-sector, en las horas más importantes:

Tabla 42 Variación horaria de la presión, Unión Nueva Esperanza

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
U-1 (m H2O)	34,646	29,851	32,643	34,329
U-1.1 (m H2O)	33,648	28,853	31,644	33,331
U-3 (m H2O)	33,625	28,444	31,46	33,282
U-3.1 (m H2O)	35,618	30,391	33,434	35,273
U-3.1.1 (m H2O)	37,614	32,376	35,425	37,267

U-3.2 (m H2O)	43,601	38,353	41,408	43,254
U-3.2.1 (m H2O)	41,605	36,356	39,412	41,258
U-3.2.1' (m H2O)	38,611	33,366	36,42	38,264
U-3.2' (m H2O)	41,605	36,358	39,413	41,258
U-3.2'' (m H2O)	38,611	33,368	36,42	38,264
U-4 (m H2O)	33,623	28,401	31,441	33,277
U-4.1 (m H2O)	33,62	28,353	31,419	33,271
U-4.1' (m H2O)	33,62	28,355	31,42	33,272
U-4.1'' (m H2O)	34,618	29,361	32,422	34,271
U-5 (m H2O)	38,605	33,254	36,369	38,251
U-5.1 (m H2O)	37,607	32,25	35,369	37,252
U-5.1.1 (m H2O)	38,605	33,248	36,366	38,25
U-5.2 (m H2O)	36,608	31,243	34,366	36,253
U-6 (m H2O)	47,578	42,08	45,281	47,215
U-6.1 (m H2O)	56,558	51,02	54,244	56,191
U-6.1' (m H2O)	49,572	44,039	47,26	49,206
U-6.1'' (m H2O)	48,575	43,061	46,271	48,21
U-7 (m H2O)	55,558	49,995	53,234	55,19
U-7.1 (m H2O)	55,556	49,966	53,22	55,187
U-7.1.1 (m H2O)	58,548	52,912	56,193	58,175
U-7.1.2 (m H2O)	73,517	67,865	71,155	73,143
U-7.1.2' (m H2O)	66,531	60,883	64,171	66,157
U-7.2 (m H2O)	47,572	41,966	45,23	47,201
U-8 (m H2O)	55,558	49,995	53,234	55,19
UB-1 (m H2O)	63,536	57,875	61,171	63,162
UB-1.1 (m H2O)	65,532	59,864	63,163	65,157
UB-2 (m H2O)	72,517	66,842	70,146	72,142
UC-1 (m H2O)	37,613	32,368	35,422	37,266
Ui-1 (m H2O)	38,599	33,153	36,324	38,239
UN-2 (m H2O)	32,636	27,603	30,533	32,303

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 43. Variación horaria de la presión, Terrazas de Miranda (Pare alta)

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
S1-2 (m H2O)	42,884	42,385	42,676	42,851
A-4 (m H2O)	50,601	45,592	48,508	50,27
A-4' (m H2O)	47,608	42,606	45,518	47,277
A-4'' (m H2O)	48,78	46,723	47,92	48,644
A-5(m H2O)	37,657	33,145	35,772	37,358
A-5.1 (m H2O)	59,611	55,073	57,715	59,31
A-5.1' (m H2O)	47,635	43,102	45,741	47,335
A-5' (m H2O)	45,675	41,753	44,036	45,416
A-5'' (m H2O)	40,716	37,311	39,293	40,491
A-5''' (m H2O)	43,75	41,019	42,609	43,569
A-6 (m H2O)	36,654	32,069	34,738	36,351
A-6.1 (m H2O)	31,646	26,755	29,602	31,323
A-6.1.1 (m H2O)	31,644	26,712	29,583	31,318
A-6.1' (m H2O)	34,651	29,941	32,683	34,339
A-6.2(m H2O)	30,646	25,722	28,589	30,321
A-6.3 (m H2O)	39,625	34,644	37,544	39,295
A-6.3.1 (m H2O)	37,629	32,643	35,546	37,299
A-6.3.2 (m H2O)	38,626	33,637	36,542	38,296
AT-1 (m H2O)	37,629	32,642	35,545	37,299

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 44. Variación horaria de la presión, Terrazas de Miranda (Pare baja)

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
S1-3 (m H2O)	42,851	41,794	42,409	42,781
A-1 (m H2O)	40,844	39,61	40,328	40,763
A-1.1 (m H2O)	37,85	36,613	37,333	37,768
A-3 (m H2O)	49,808	48,264	49,163	49,706
A-3.1 (m H2O)	46,813	45,262	46,165	46,711

A-3.2 (m H2O)	50,804	49,229	50,146	50,7
B-1 (m H2O)	42,849	41,753	42,391	42,776
B-1.1 (m H2O)	38,856	37,759	38,398	38,784
B-2 (m H2O)	44,813	43,192	44,136	44,706
B-2.1 (m H2O)	41,819	40,186	41,136	41,711
B-2.1´ (m H2O)	43,814	42,173	43,128	43,706
B-2.2 (m H2O)	43,814	42,171	43,128	43,705
B-2.2.1 (m H2O)	41,818	40,165	41,127	41,708
B-2.3 (m H2O)	42,816	41,164	42,126	42,706
B-3 (m H2O)	55,736	53,182	54,669	55,567
B-3.1 (m H2O)	59,727	57,152	58,651	59,556
B-3.2 (m H2O)	58,727	56,123	57,639	58,555
B-3´(m H2O)	51,759	49,456	50,797	51,607
BT-1 (m H2O)	45,808	44,128	45,106	45,697

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 45. Variación horaria de la presión, Los Planes

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
P-2 (m H2O)	55,717	52,836	54,513	55,526
P-2.1 (m H2O)	56,706	53,679	55,442	56,506
P-3 (m H2O)	57,703	54,668	56,435	57,503
P-3.2 (m H2O)	56,689	53,383	55,308	56,471
P-4 (m H2O)	57,687	54,369	56,301	57,467
P-4.1 (m H2O)	54,676	51,066	53,168	54,437
P-5 (m H2O)	55,632	51,316	53,829	55,346
P-5.1 (m H2O)	57,628	53,31	55,824	57,342

P-5.1.1 (m H2O)	58,626	54,307	56,821	58,34
P-5.2 (m H2O)	49,677	45,927	48,11	49,429
P-6 (m H2O)	51,658	47,654	49,985	51,393
P-7 (m H2O)	52,656	48,65	50,983	52,391
P-7.1 (m H2O)	51,652	47,549	49,938	51,381
P-8 (m H2O)	48,653	44,451	46,897	48,375
P-8.1 (m H2O)	47,654	43,444	45,895	47,376
P-8.1.1 (m H2O)	47,654	43,442	45,894	47,376
P-8.1.2 (m H2O)	55,633	51,339	53,839	55,349
P-8.2 (m H2O)	59,625	55,328	57,83	59,341
P-8.2.1 (m H2O)	57,629	53,334	55,835	57,345
P-8.2.3 (m H2O)	51,651	47,515	49,923	51,377
P-9 (m H2O)	51,644	47,404	49,873	51,364
P-9.1 (m H2O)	52,647	48,49	50,91	52,372
P-10 (m H2O)	52,656	48,65	50,983	52,391
P-10.1 (m H2O)	51,649	47,487	49,91	51,374
P-11 (m H2O)	57,636	53,46	55,892	57,36
P-11.1 (m H2O)	78,589	74,343	76,815	78,309
P-11.1' (m H2O)	60,627	56,395	58,859	60,347
P-11.1'' (m H2O)	71,604	67,361	69,831	71,323
P2-11.1 (m H2O)	78,578	74,143	76,725	78,285

P2-11.1' (m H2O)	67,605	63,239	65,781	67,316
P2-11.1'' (m H2O)	74,587	70,165	72,74	74,295

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

Tabla 46. Variación horaria de la presión, Terrazas de Canaán

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
C-0 (m H2O)	46,809	45,187	46,131	46,702
C-1 (m H2O)	63,761	61,897	62,982	63,637
C-2 (m H2O)	61,761	59,84	60,959	61,634
C-2.1 (m H2O)	59,763	57,81	58,947	59,634
C-2.1' (m H2O)	61,76	59,814	60,947	61,631
C-3 (m H2O)	82,711	80,661	81,855	82,576
C-3.1 (m H2O)	83,709	81,65	82,849	83,573
C-3.2 (m H2O)	101,672	99,604	100,808	101,535
C-3.2' (m H2O)	85,705	83,641	84,842	85,568
C-3.2'' (m H2O)	74,727	72,661	73,864	74,59
C-4 (m H2O)	82,706	80,57	81,814	82,565
C-4.1 (m H2O)	75,713	73,446	74,765	75,563
C-4.1.1 (m H2O)	75,712	73,443	74,764	75,562
C-4.1' (m H2O)	76,715	74,523	75,799	76,57
C-4.2 (m H2O)	74,714	72,442	73,765	74,564
C-5 (m H2O)	80,709	78,556	79,81	80,567
C-6 (m H2O)	80,708	78,537	79,801	80,565
C-6' (m H2O)	82,704	80,534	81,798	82,561
CC-0 (m H2O)	80,716	78,682	79,866	80,582
CC-1 (m H2O)	70,736	68,701	69,886	70,602

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

De la simulación se aprecia que existen nodos en el sistema de distribución cuya presión sobrepasa la presión permitida. Para el buen funcionamiento del sistema

es necesario regular las presiones en estos nodos, por ende, se colocaron válvulas reguladoras de presión en los sub-sectores cuyos nodos sobrepasan la presión permitida.

6.5 Resultados de la segunda simulación

Se realizó una segunda simulación con las válvulas reguladoras de presión en funcionamiento para verificar que las presiones del sistema de distribución se encuentren dentro del rango permitido. En la tabla 47 se especifica la ubicación de las válvulas y las presiones en las que operan.

Tabla 47. Operación de las válvulas reguladoras de presión

Sub-Sector	Entre los nodos	Válvula	Diámetro (pulgadas)	Presión Aguas arriba (m H ₂ O)	Presión Aguas abajo (m H ₂ O)
Los Planes	P-4 y P-5	PRV-1	4	56,679	40
Unión Nueva Esperanza	U-6 y U-7	PRV-2	4	48,574	30
Terrazas de Canaán	C-2 y CC-0	PRV-3	3	61,761	30

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

En la tabla 48 se expresan los resultados de la segunda simulación para los nodos cuyas presiones excedían la presión máxima permitida.

Tabla 48. Variación horaria de la presión, segunda simulación

Horas/Nodos	12:00am	6:00am	12:00pm	20:00pm
C-3 (m H₂O)	50,95	50,83	50,9	50,942
C-3.1 (m H₂O)	51,948	51,819	51,894	51,939
C-3.2 (m H₂O)	69,911	69,773	69,853	69,902
C-3.2' (m H₂O)	53,944	53,809	53,887	53,935
C-3.2'' (m H₂O)	42,966	42,83	42,909	42,957
C-4 (m H₂O)	50,945	50,738	50,859	50,932

C-4.1 (m H₂O)	43,952	43,614	43,811	43,929
C-4.1.1 (m H₂O)	43,952	43,611	43,81	43,929
C-4.1' (m H₂O)	44,954	44,691	44,844	44,937
C-4.2 (m H₂O)	42,954	42,611	42,81	42,931
C-5 (m H₂O)	48,948	48,725	48,855	48,934
C-6 (m H₂O)	48,947	48,705	48,846	48,931
C-6' (m H₂O)	50,943	50,703	50,843	50,927
CC-0 (m H₂O)	48,955	48,85	48,911	48,948
CC-1 (m H₂O)	38,976	38,869	38,931	38,968
P-11.1 (m H₂O)	61,911	61,154	61,595	61,861
P-11.1'' (m H₂O)	54,925	54,172	54,611	54,875
P2-11.1 (m H₂O)	61,9	60,954	61,505	61,837
P2-11.1'' (m H₂O)	57,909	56,976	57,519	57,847
U-7.1.2 (m H₂O)	54,943	54,826	54,894	54,935
UB-2 (m H₂O)	53,943	53,803	53,885	53,934

Fuente: WaterGEMS v2.0 (6.5120)

6.6 Especificaciones generales de las tuberías de distribución propuestas

Las especificaciones detalladas de las tuberías del sistema de distribución por cada sub-sector se indican en las siguientes tablas:

Tabla 49. Especificaciones de las tuberías de distribución, Unión Nueva Esperanza

Desde	Hasta	Distancia (m)	Diámetro (mm)	Material
A-6	U-8	572	110	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 6,6 mm
U-1	U-1.1	25	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
U-3	U-3.2	195	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
U-3.1	U-3.1.2	131	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
U-3.1.1	UC-1	40	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
U-4	U-4.2	201	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm

U-5	U-5.2	85	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
U-5.1	U-5.1.1	21	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
U-6	U-6.1	228	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
U-7	U-7.2	105	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
U-7.1	U-7.1.2	145	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
U-7.1.1	UB-2	153	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
UB-1	UB-1.1	48	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
Ui-1	Ui-2	25	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm

Fuente: El autor

**Tabla 50 Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Miranda
(Parte alta)**

Desde	Hasta	Distancia (m)	Diámetro (mm)	Material
S1-2	A-6	467	110	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 6,6 mm
A-5	A-5.1	109	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
A-6	A-6.3	218	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
A-6.1	A-6.1.1	96	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
A-6.3	A-4	76	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
A-6.3	A-6.3.2	65	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
A-6.3.1	AT-1	41	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm

Fuente: El autor

**Tabla 51. Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Miranda
(Parte baja)**

Desde	Hasta	Distancia (m)	Diámetro (mm)	Material
C-0	S1-3	120	110	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 6,6 mm
S1-3	B-3	182	110	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 6,6 mm
A-1	A-1.1	21	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
A-3	A-3.2	107	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
B-1	B-1.1	22	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
B-2	B-2.3	94	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
B-2	BT-1	160	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
B-2.2	B-2.2.1	57	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
B-2.1	B-2.3	67	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
B-3	B-3.2	135	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm

Fuente: El autor

Tabla 52. Especificaciones de las tuberías de distribución, Los Planes

Desde	Hasta	Distancia (m)	Diámetro (mm)	Material
B-3	P-11	431	110	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 6,6 mm
P-2	P-2.1	21	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-3	P-3.2	60	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-4	P-4.1	61	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-5	P-5.2	62	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
P-5.1	P-5.1.1	33	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-7	P-7.1	26	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-8	P-8.1	62	90	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e=5,4mm
P-8.1	P-8.3	88	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
P-8.3	P-5.1	27	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm

P-8.1	P-8.1.1	18	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
P-8.1.1	P-8.1.2	59	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-8.1.1	P-11.1	149	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm
P-9	P-9.1	25	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-10	P-10.1	42	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-8.2	P-8.2.3	25	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-8.2	P-8.2.1	44	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-8.3	P-8.3.1	18	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 3,8 mm
P-11	P-11.1	299	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 17 e= 4,5 mm

Fuente: El autor

Tabla 53. Especificaciones de las tuberías de distribución, Terrazas de Canaán

Desde	Hasta	Distancia (m)	Diámetro (mm)	Material
S1-4	C-3	170	90	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 6,7mm
CC-0	CC-1	46	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm
C-2	C-2.1	71	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm
C-3	C-3.1	52	63	PEAD PN12,5 (185 psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm
C-3	C-6	174	75	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 5,6 mm
C-4	C-4.2	166	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm
C-4.1	C-4.1.1	25	63	PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm
C-3	C-3.2	304	75	PEAD PN12,5 (185 psi) SDR 13,6 e= 5,6 mm

Fuente: El autor

6.7 Ubicación de Válvulas en los nodos

Paras el buen funcionamiento del sistema de distribución es necesario colocar válvulas que requiera el sistema, a continuación se mencionan las válvulas que sistema utilizara especificando la ubicación de las mismas según el nodo correspondiente.

Tabla 54. Válvulas de compuerta utilizadas para reparaciones de tubería

Sub-sector	NODOS
Unión Nueva esperanza	A-6 / U-3 / U-3.1 (2) / U-4 (2) / U-5 (2) / Ui-1 / U-6 (2) / U-7.1 (2) / U-7.1.1 (2) / UB-1 / PRV-2 (2)
Terrazas de Miranda	S1-2 / S1-3 (2) / A-6 / A-5 / A-6 (2) / A-6.3.1 / A-4 (2) / A-3 (2) / B-2 / (2) B-3
Los Planes	B-3 / PRV-1 (2) / P-5 (2) / P-5.1 / P-8 (2) / P-8.1 / P-8.1.1 (2) / P-11 / P-11.1
Terrazas de Canaán	C-0 / C-2 / PRV-3 (2) / CC-0 / C-3 (3) C-4 (4)

Fuente: El autor**Tabla 55. Válvulas de compuerta para descarga en los puntos bajos**

Sub-sector	NODOS
Unión Nueva esperanza	U-3.1.2 / U-3.2 / U-6.1 / UB-2 / U-7.1.2 / U-8
Terrazas de Miranda	A-5.1 / A-6.3.2 / A-4 / A-3.2 / B-2.3 / B-3.1
Los Planes	P-3.2 / P-4.1 / P-5.2 / P-11 / P-11.1
Terrazas de Canaán	C-1 / C-4 / C-3.2

Fuente: El autor**Tabla 56. Válvulas de bola de rosca utilizada para reparaciones de tuberías, tramos cortos**

Sub-sector	NODOS
Unión Nueva esperanza	U-3.1.1 / U-1
Terrazas de Miranda	A-1 / B-1
Los Planes	P-2 / P-3 / P-4 / P-7 / P-9 / P-10
Terrazas de Canaán	-

Fuente: El autor

Tabla 57. Válvulas de expulsión de aire (Ventosa) utilizadas en los puntos altos del sistema

Sub-sector	NODOS
Unión Nueva esperanza	U-2 / U-4.1
Terrazas de Miranda	A-2 / A-3.1 / A-6.2 / A-6.3.1 / B-2.1
Los Planes	P-1 / P-6 / P-8.1.1
Terrazas de Canaán	C-2.1 / CC-1 / C-4.2

Fuente: El autor

6.8 Cavitación en las válvulas reguladoras se presión

Se verificara si se produce el fenómeno de cavitación en las válvulas reguladoras de presión por la caída de presión del flujo seleccionada para el correcto funcionamiento del sistema de distribución. Las válvulas de son de marca FIMACA SINGER Modelo 106-PR.

Tabla 58. Especificaciones de las válvulas reguladoras de presión

Válvula	NORMA	Diámetro (pulgadas)	Presión Aguas arriba (m H2O)	Presión Aguas arriba (Psi)	Presión Aguas abajo (m H2O)	Presión Aguas abajo (Psi)
PRV-1	ANSI 150	4	56,679	80,48418	40	56,8
PRV-2	ANSI 150	4	48,574	68,97508	30	42,6
PRV-3	ANSI 300	3	61,761	87,70062	30	42,6

Fuente: El autor

CAPÍTULO VII

7. ESTIMACIÓN PRESUPUESTARIA

7.1 Presupuesto

Para tener un estimado del costo de la inversión necesaria para llevar a cabo este proyecto se realizó un presupuesto general. Los precios considerados corresponden al año 2014.

En el presupuesto se ha tenido en cuenta todo el sistema, desde la extracción de agua de los pozos hasta la distribución a las comunidades. A continuación se presentan de manera general el presupuesto del proyecto dividido en seis partes.

 HIDROCAPITAL <i>Una herramienta de la revolución</i>	
CÓMPUTOS MÉTRICOS	
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II	
RESUMEN	
EQUIPO DE BOMBEO DE LOS POZOS	3.222.145,11
TOTAL ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO	2.553.335,56
TOTAL RED DE UNIÓN NUEVA ESPERANZA	2.095.209,42
TOTAL RED DE TERRAZAS DE MIRANDA	2.122.069,33
TOTAL RED DE LOS PLANES	1.813.554,64
TOTAL RED DE TERRAZAS DE CANAÁN	997.943,57
TOTAL DEL PROYECTO	Bs. F 12.804.257,64

CAPÍTULO VIII

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 Conclusiones

De acuerdo a los resultados obtenidos en los capítulos anteriores las principales conclusiones son las siguientes:

- El censo de población realizado por la comunidad en el área de estudio fue fundamental para la toma de decisiones en la planificación del proyecto ya que a través de este se pudo estimar la necesidad referente al abastecimiento de agua potable en el sector, tanto en el presente como a futuro.
- El máximo caudal que se puede extraer de los pozos construidos no garantiza el abastecimiento continuo en el sector Barrio Miranda II. La parte alta del sector Unión Nueva Esperanza-Terrazas de Miranda (parte alta) y la parte baja del sector Terrazas de Canaán- Terrazas de Miranda (parte baja)-Los Planes serán abastecidos en días alternos.
- Las bombas sumergibles seleccionadas y el periodo de tiempo de operación establecido garantizarán la sustentabilidad del acuífero.
- La selección de los diámetros aptos para la tubería de impulsión dependen del máximo caudal que se puede extraer de los pozos y de la velocidad de tránsito referida a valores preestablecidos.
- La colocación de válvulas de expulsión de aire o ventosas, válvulas reguladoras de presión, válvulas de mantenimiento y sectorización garantizarán el correcto funcionamiento del sistema de distribución.
- Con la utilización del software WaterGEMS se estudió el comportamiento del sistema de distribución en el sector las 24 horas del día, facilitando su análisis.
- El monto presupuestado para la ejecución del proyecto es de Bs. F 12.804.257,64

8.2 Recomendaciones

1. Construcción de los pozos que sean necesarios sin descompensar el acuífero para que la comunidad de Barrio Miranda II posea el servicio de agua potable de manera continua.
2. Asesorar a la comunidad sobre el uso racional del agua potable
3. Adquisición de los equipos electromecánicos y accesorios seleccionados en el proyecto, para garantizar el funcionamiento del sistema según los parámetros establecidos.
4. No exceder las horas de bombeo establecidas para garantizar que los equipos electromecánicos presenten el menor desgaste posible y prolongar su tiempo de vida útil.
5. Asegurar que las válvulas reguladoras de presión tengan una correcta y supervisada calibración antes y después de ser instaladas.
6. Las válvulas de sectorización deben estar provistas de boca de visitas para impedir la manipulación indebida de éstas.
7. Monitorear las presiones del sistema de distribución del sector Barrio Miranda II, de manera de compararlas con las presiones teóricas y así garantizar el cumplimiento de las condiciones de diseño. Esto a su vez permitirá detectar averías u otros problemas que presente el sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arocha R., Simón. (1997). *Abastecimientos de Agua* (3° Edición). Venezuela: Editorial Innovación Tecnológica.
2. Barrios, Carlos. (2009). *Guía de Orientación en Saneamiento Básico*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima-Perú.
3. Bellino, Norberto. (2012). *Aguas Subterráneas Conocimiento y Exploración*. Instituto de Ingeniería Sanitaria. Argentina.
4. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2005). *Guía para el Diseño de Redes de Distribución en Sistemas Rurales de Abastecimiento de Agua*. Lima-Perú.
5. CRANE. (1992). *Flujo de Fluidos en Válvulas, Accesorios y Tuberías*. México: Editorial Mc Graw Hill.
6. Giles, Ranald. *Mecánica de Fluidos e Hidráulica*. Editorial: Mc Graw Hill.
7. INE. (2000). *Venezuela: Estimaciones y Proyecciones de Población 1950 – 2035*. Caracas, Venezuela: Instituto Nacional de Estadística.
8. INOS. (1976). *Especificaciones de Construcción de Obras de Acueductos y Alcantarillados*. Venezuela: Instituto Nacional de Obras Sanitarias.
9. Méndez, Manuel Vicente. (1995). *Tuberías a Presión*. Caracas, Venezuela: Fondo Polar UCAB.
10. Mott, Robert. (2006). *Mecánica de Fluidos (sexta edición)*. Editorial: Pearson Prentice Hall. México.
11. Naciones Unidas. (1961). *Métodos de Cálculo de la Población Total para Fechas Corrientes*. Estudios de Población n° 10. Nueva York, U.S.A.

12. Rincón M., José. (2007). *Teoría y Métodos Demográficos para Elaboración de Estimaciones y Proyecciones de Población*. Bogotá D.C.

ANEXOS

Anexo 1. Dimensiones y características de tuberías de PEAD (HDPE)



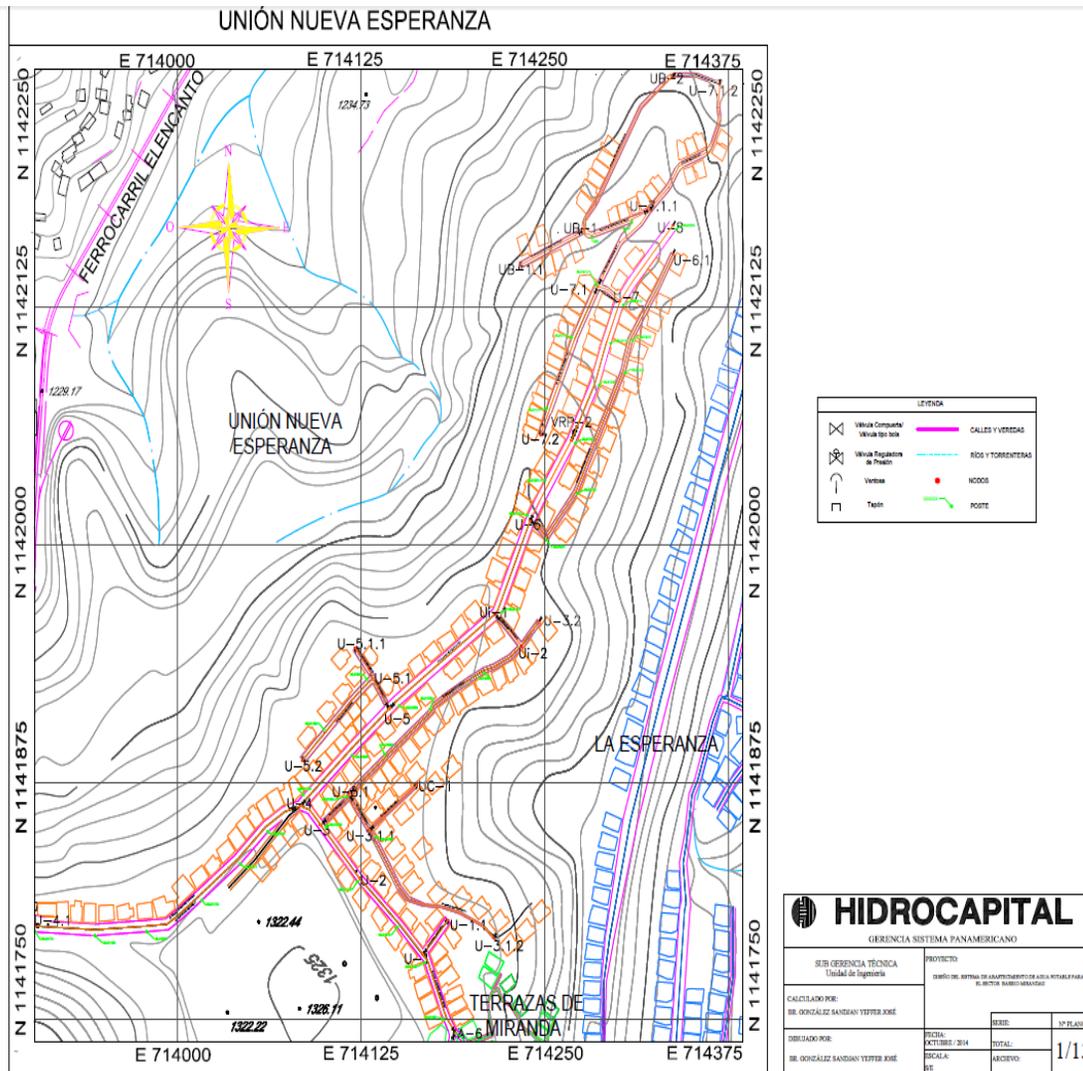
Dimensiones y Características TUBOS HDPE

- Fabricados Bajo Normas:			- para conducción de AGUA: DIN 8074 - ISO 4427 - IRAM 13485																		
			- para conducción de GAS: BRITISH GAS - GE N 1-129																		
Presiones Nominales de Trabajo en Kgs/cm2 (bar) - con Factor de Seguridad "C" 1,25:																					
Factor C: 1,25	SDR 41			SDR 33			SDR 26			SDR 21			SDR 17			SDR 13,6			SDR 11		
Tubos en PE 80	---			4.1 bar			5.2 bar			6.3 bar			8.1 bar			10.2 bar			12.5 bar		
Tubos en PE 100	4.1 bar			5.2 bar			6.3 bar			8.1 bar			10.2 bar			12.5 bar			16 bar		
Diámetros	SDR 41			SDR 33			SDR 26			SDR 21			SDR 17			SDR 13,6			SDR 11		
Exteriores	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso	espesor pared	diámetro interno	peso
(mm)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)	(mm)	(mm)	(Kg/mt)
20	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.8	16.4	0.107	1.9	16.2	0.112
25	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.8	21.4	0.137	1.9	21.2	0.144	2.3	20.4	0.171
32	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	1.9	28.2	0.187	2.4	27.2	0.232	3.0	26.0	0.272
40	---	---	---	---	---	---	1.8	36.4	0.227	1.9	36.2	0.239	2.4	35.2	0.295	3.0	34.0	0.356	3.7	32.6	0.430
50	---	---	---	---	---	---	2.0	46.0	0.314	2.4	45.2	0.374	3.0	44.0	0.453	3.8	42.4	0.549	4.6	40.8	0.666
63	---	---	---	2.0	59.0	0.399	2.5	58.0	0.50	3.0	57.0	0.580	3.8	55.4	0.721	4.7	53.6	0.873	5.8	51.4	1.05
75	---	---	---	2.3	70.4	0.551	2.9	69.2	0.60	3.6	67.8	0.828	4.5	66.0	1.02	5.6	63.8	1.24	6.8	61.4	1.47
90	---	---	---	2.8	84.4	0.791	3.5	83.0	0.90	4.3	81.4	1.18	5.4	79.2	1.46	6.7	76.6	1.77	8.2	73.6	2.12
110	---	---	---	3.4	103.2	1.17	4.2	101.6	1.40	5.3	99.4	1.77	6.6	96.8	2.17	8.1	93.8	2.62	10.0	90.0	3.14
125	---	---	---	3.9	117.2	1.51	4.8	115.4	1.80	6.0	113.0	2.27	7.4	110.2	2.76	9.2	106.6	3.37	11.4	102.2	4.08
160	4.0	152.0	2.00	4.9	150.2	2.42	6.2	147.6	2.90	7.7	144.6	3.72	9.5	141.0	4.52	11.8	136.4	5.50	14.6	130.8	6.67
180	4.4	171.2	2.49	5.5	169.0	3.07	6.9	166.2	3.70	8.6	162.8	4.67	10.7	158.6	5.71	13.3	153.4	6.98	16.4	147.2	8.42
200	4.9	190.2	3.05	6.2	187.6	3.84	7.7	184.6	4.60	9.6	180.8	5.78	11.9	176.2	7.05	14.7	170.6	8.56	18.2	163.6	10.40
225	5.5	214.0	3.86	6.9	211.2	4.77	8.6	207.8	5.70	10.8	203.4	7.30	13.4	198.2	8.93	16.6	191.8	10.90	20.5	184.0	13.10
250	6.2	237.6	4.83	7.7	234.6	5.92	9.6	230.8	7.10	11.9	226.2	8.93	14.8	220.4	11.00	18.4	213.2	13.40	22.7	204.6	16.20
280	6.9	266.2	5.98	8.6	262.8	7.40	10.7	258.6	8.90	13.4	253.2	11.30	16.6	246.8	13.70	20.6	238.8	16.80	25.4	229.2	20.30
315	7.7	299.6	7.52	9.7	295.6	9.37	12.1	290.8	11.30	15.0	285.0	14.20	18.7	277.6	17.40	23.2	268.6	21.20	28.6	257.8	25.60
355	8.7	337.6	9.55	10.9	333.2	11.80	13.6	327.8	14.30	16.9	321.2	18.00	21.1	312.8	22.10	26.1	302.8	26.90	32.2	290.6	32.50
400	9.8	380.4	12.1	12.3	375.4	15.10	15.3	369.4	18.10	19.1	361.8	22.90	23.7	352.6	28.00	29.4	341.2	34.10	36.3	327.4	41.30
450	11.0	428.0	15.3	13.8	422.4	19.00	17.2	415.6	22.90	21.5	407.0	28.90	26.7	396.6	35.4	33.1	383.8	43.20	40.9	368.2	52.30
560	13.7	532.6	23.6	17.2	525.6	29.40	21.4	517.2	35.50	26.7	506.6	44.70	33.2	493.6	54.80	41.2	477.6	66.90	50.8	458.4	80.80
630	15.4	599.2	29.9	19.3	591.4	37.10	24.1	581.8	44.90	30.0	570.0	56.40	37.4	555.2	69.40	46.3	537.4	84.60	57.2	515.6	102.0

SDR: es un indicador de gran utilidad, utilizado internacionalmente, que define la relación entre el diámetro exterior y el espesor del tubo

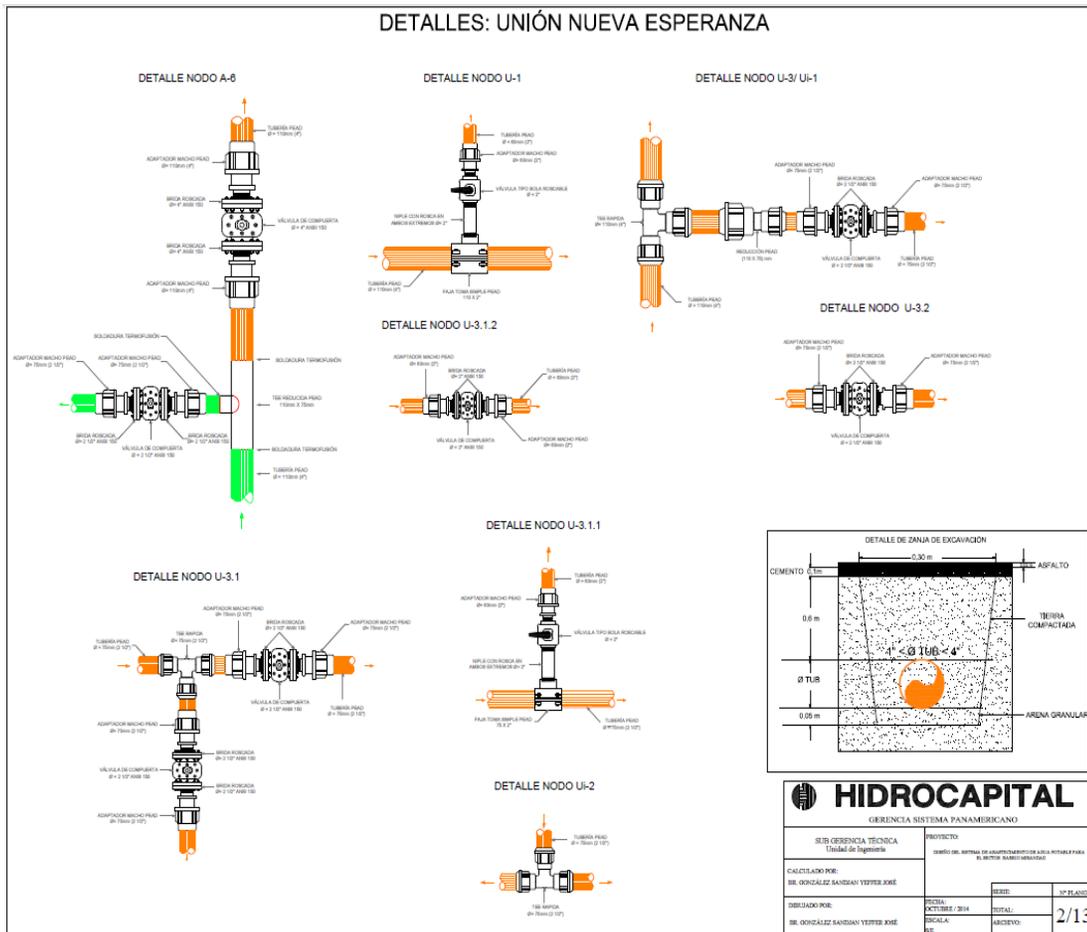
Fuente: Thyssenplastic

Anexo 2. Plano en detalle 1/13, Unión Nueva Esperanza



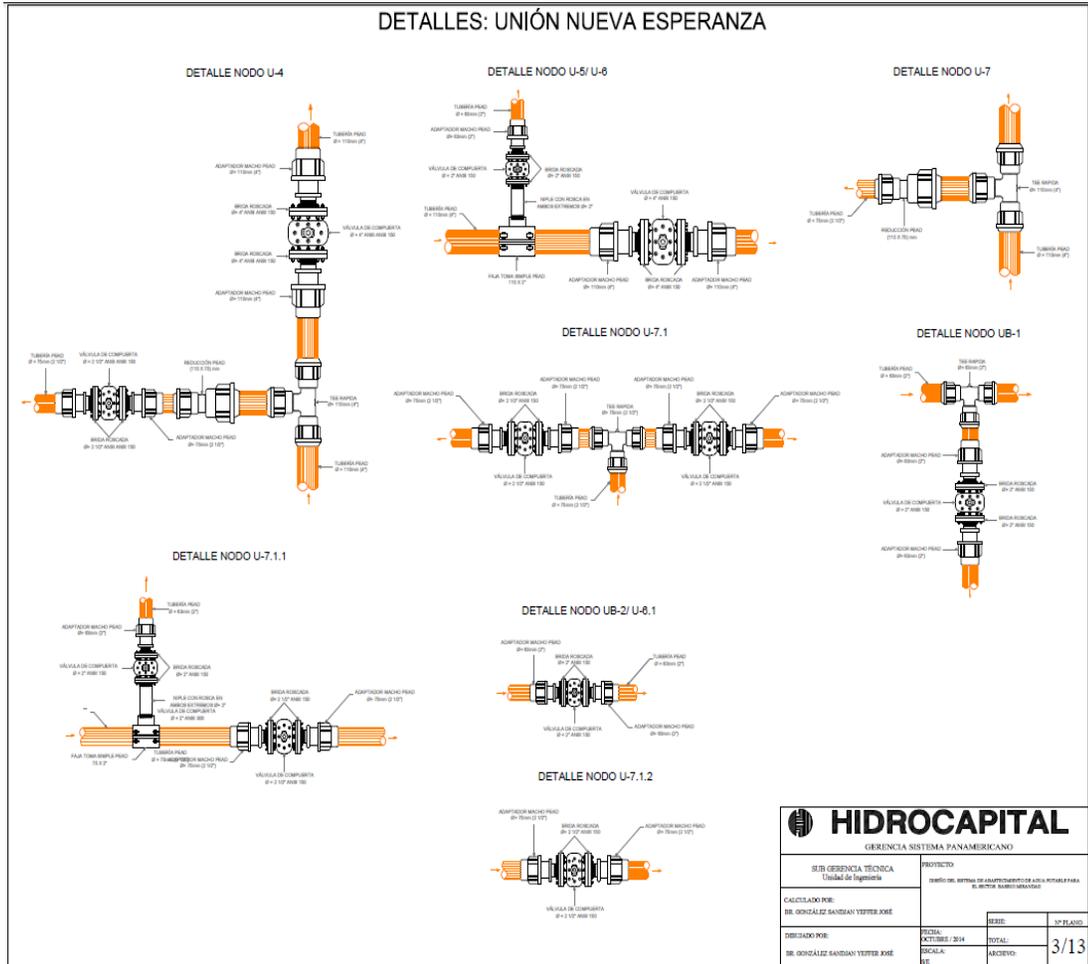
Fuente: El autor

Anexo 3. Plano en detalle 2/13, Unión Nueva Esperanza



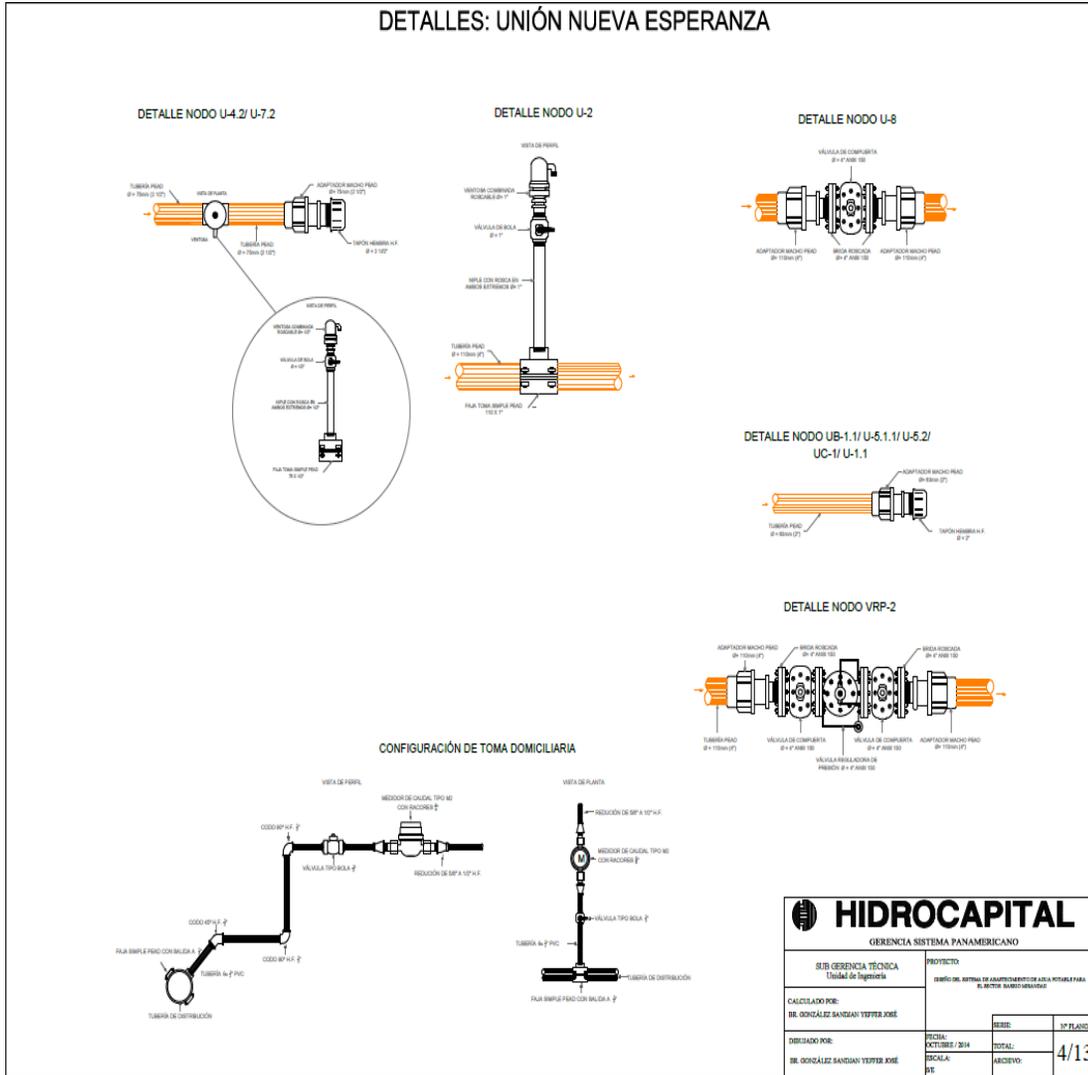
Fuente: El autor

Anexo 4. Plano en detalle 3/13, Unión Nueva Esperanza



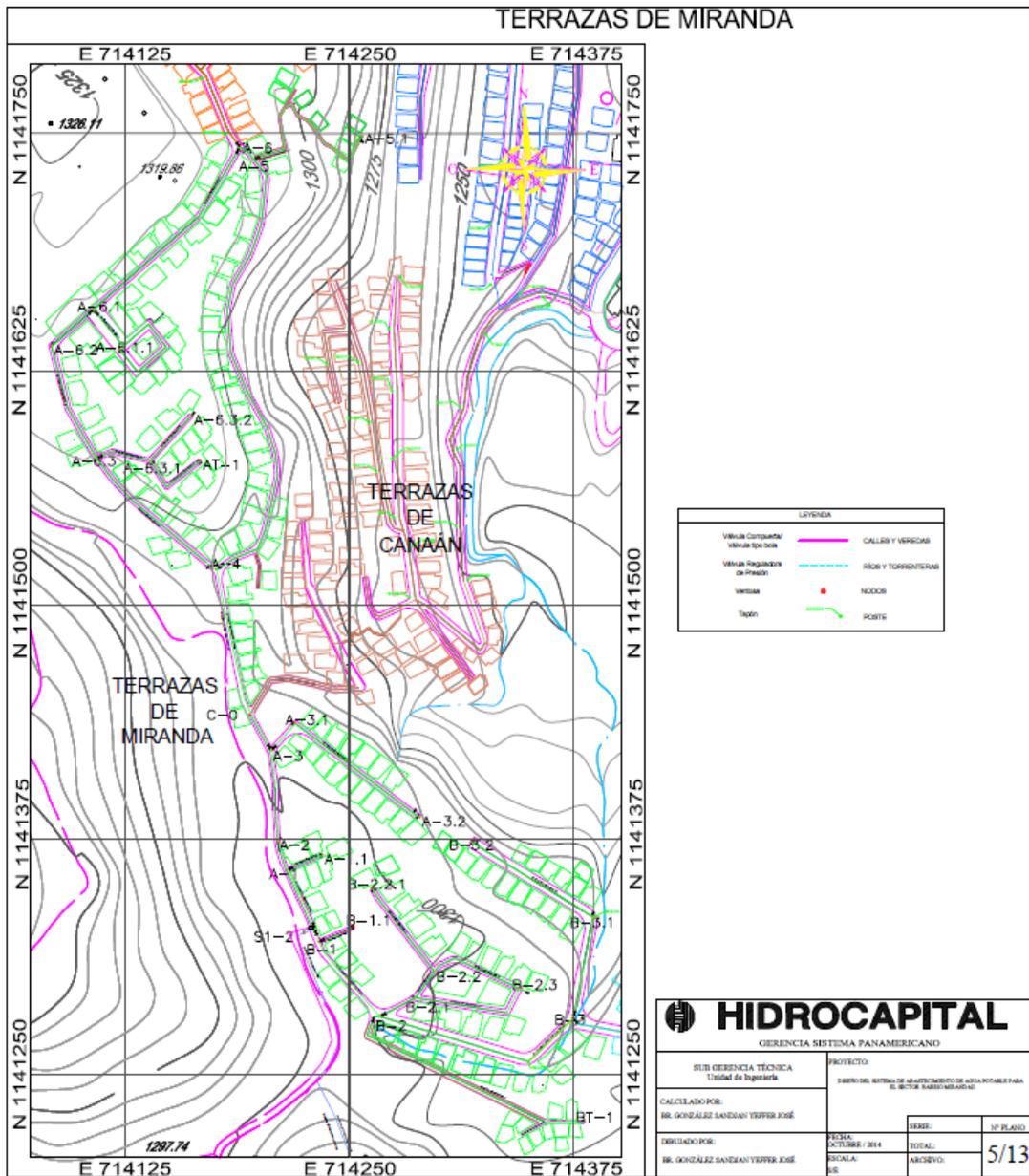
Fuente: El autor

Anexo 5. Plano en detalle 4/13, Unión Nueva Esperanza



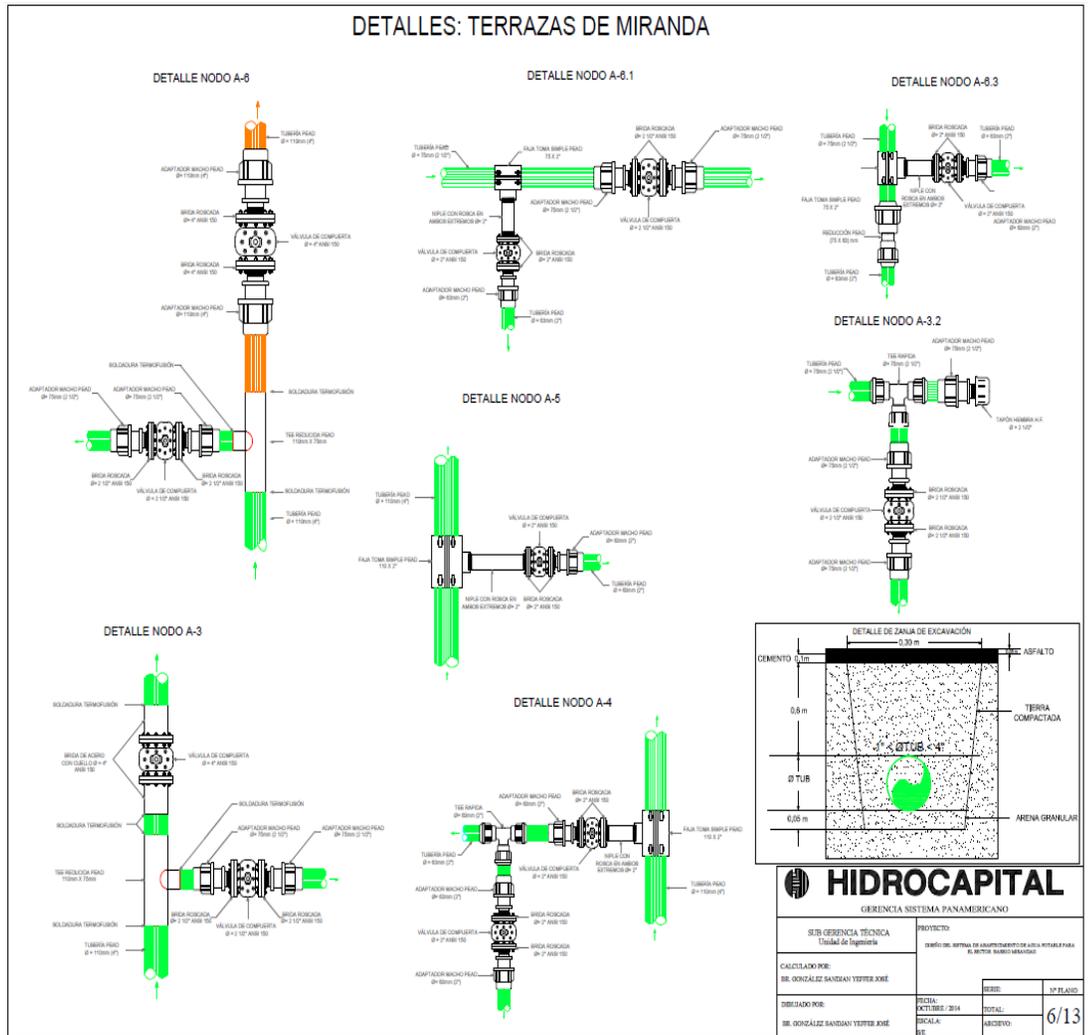
Fuente: El autor

Anexo 6. Plano en detalle 5/13, Terrazas de Miranda



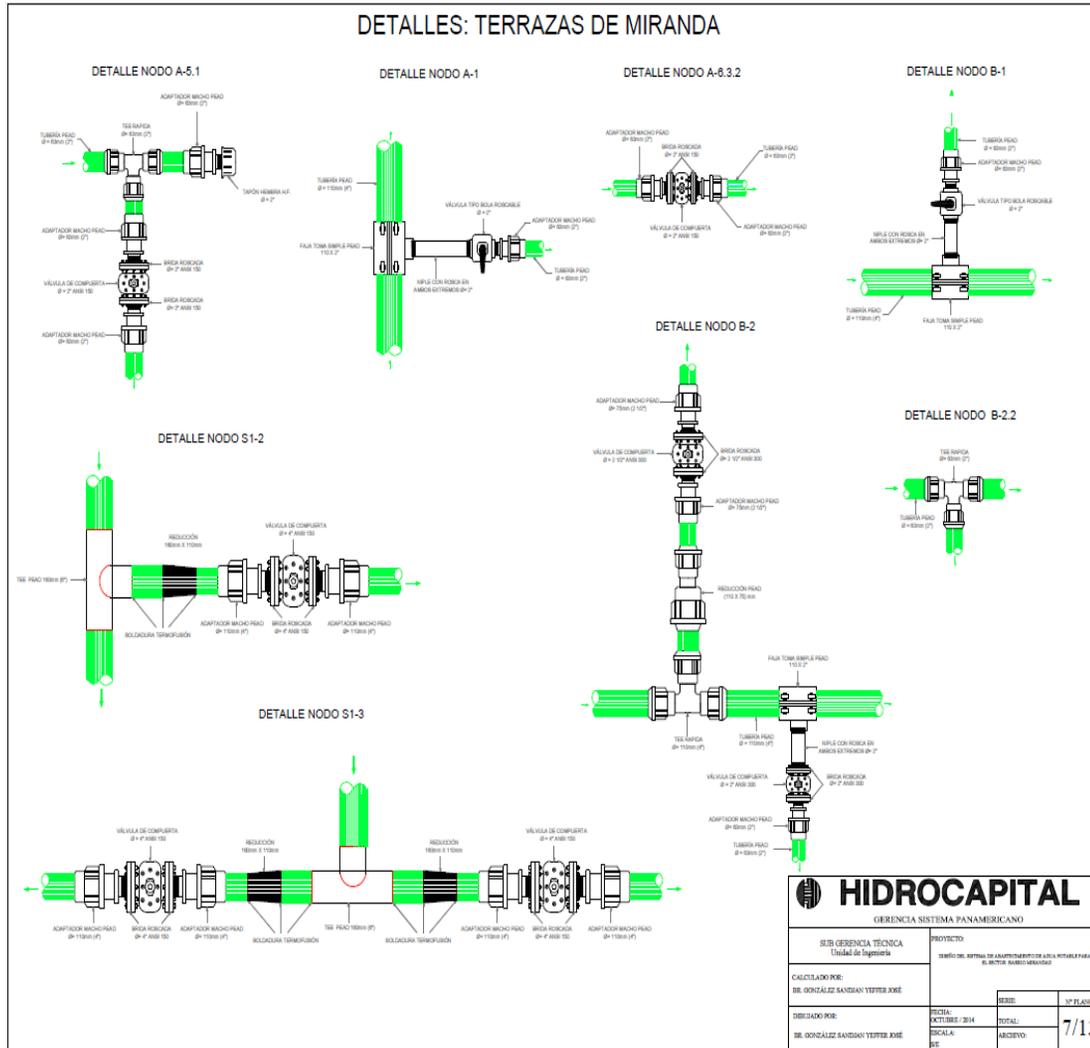
Fuente: El autor

Anexo 7. Plano en detalle 6/13, Terrazas de Miranda



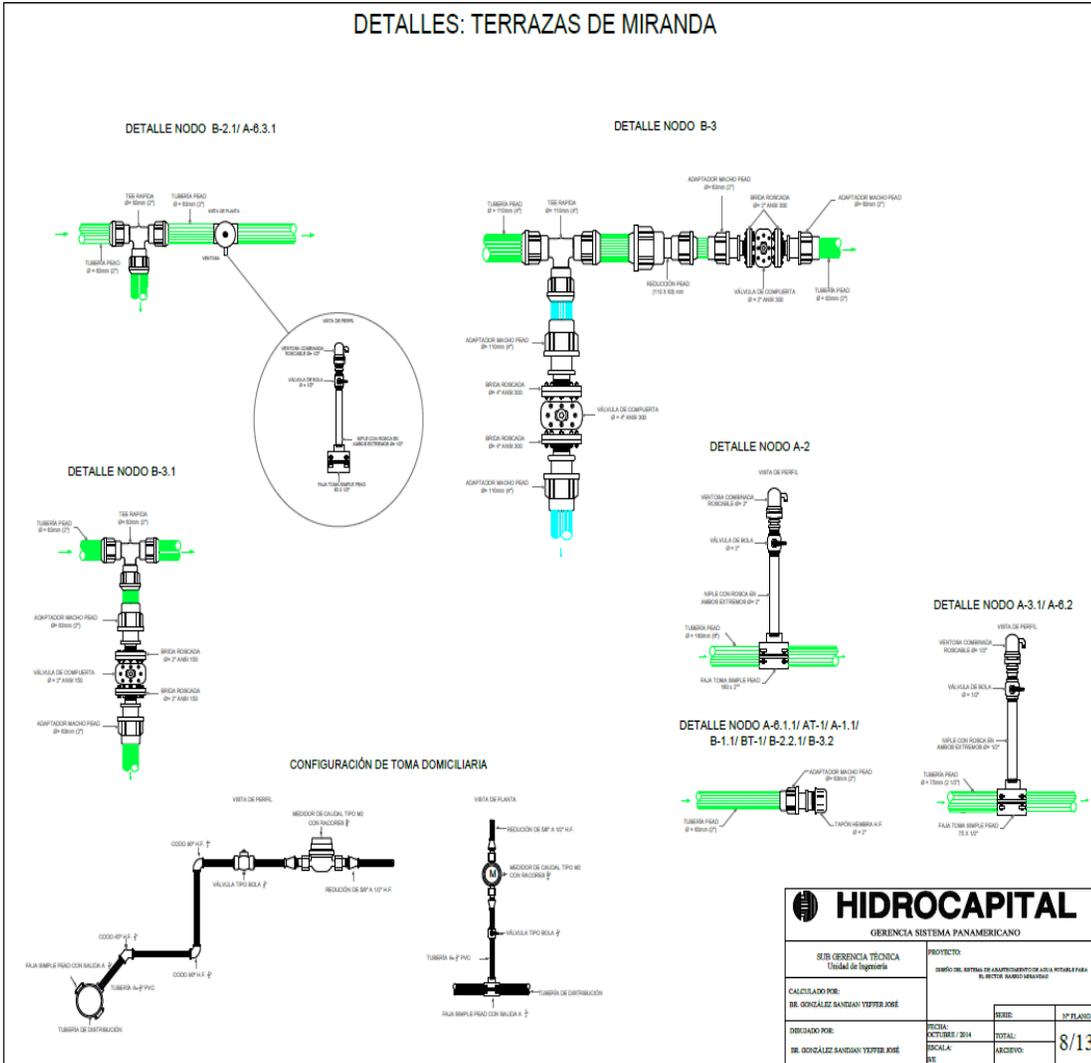
Fuente: El autor

Anexo 8. Plano en detalle 7/13, Terrazas de Miranda



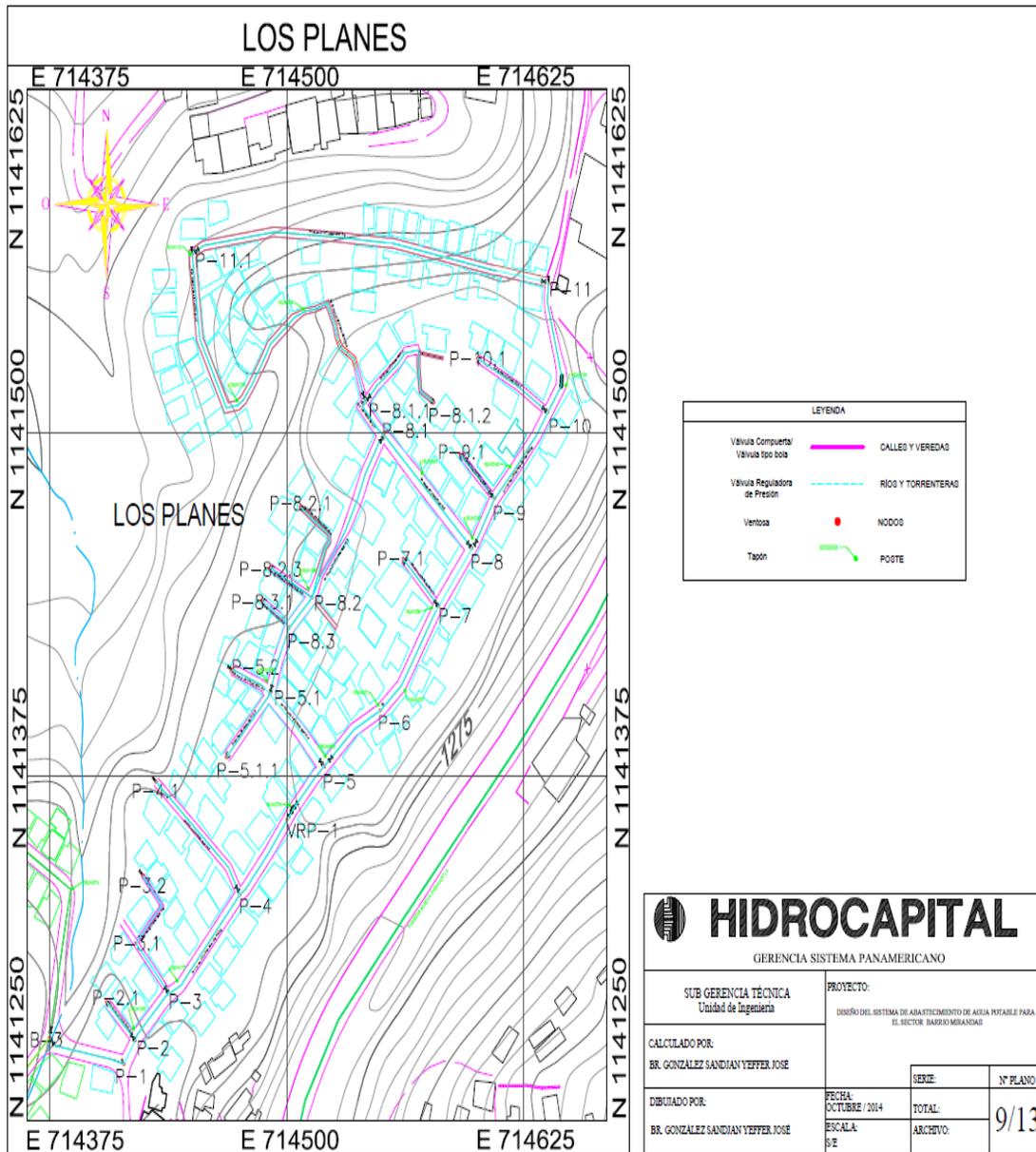
Fuente: El autor

Anexo 9. Plano en detalle 8/13, Terrazas de Miranda



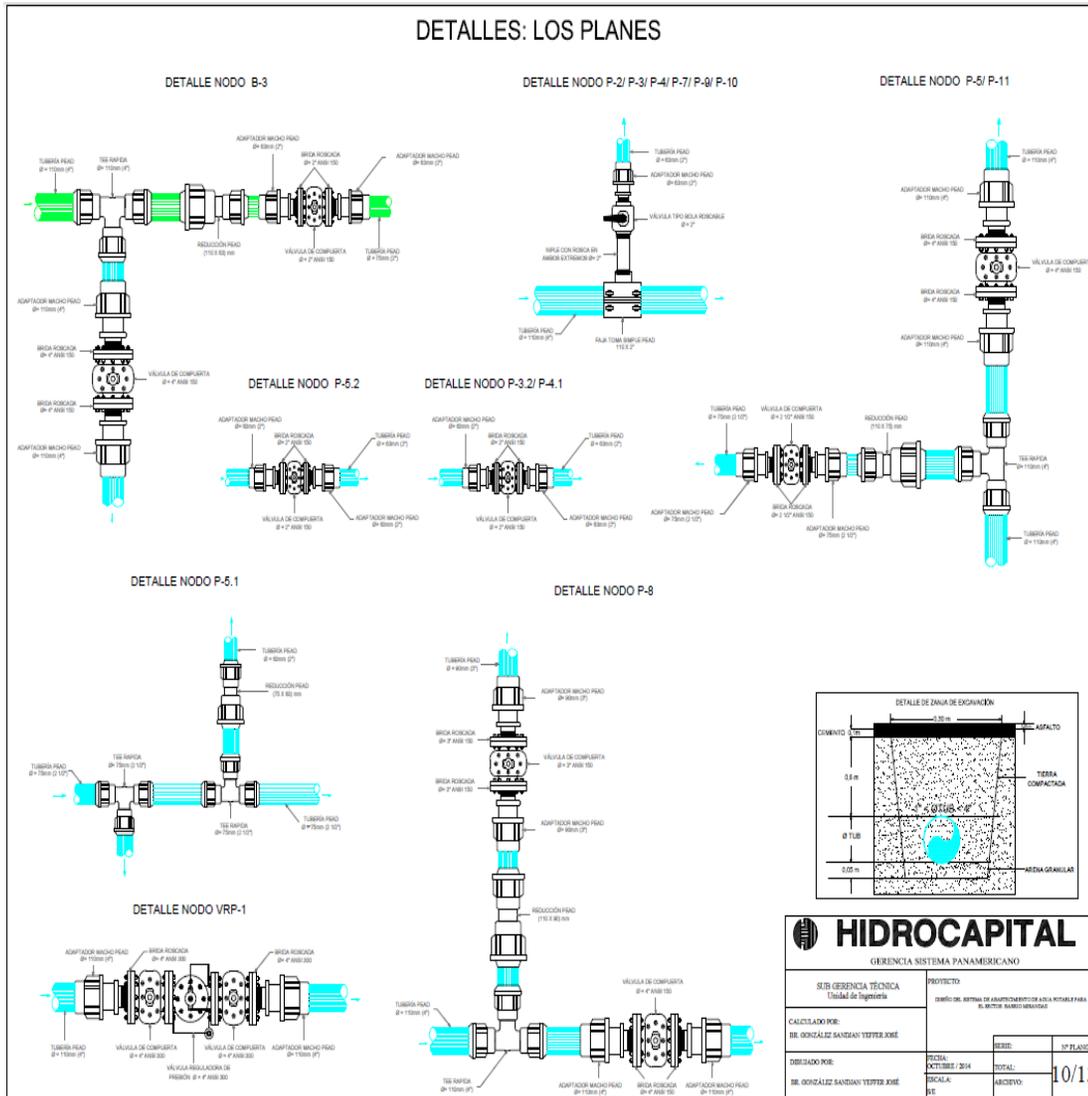
Fuente: El autor

Anexo 10. Plano en detalle 9/13, Los Planes



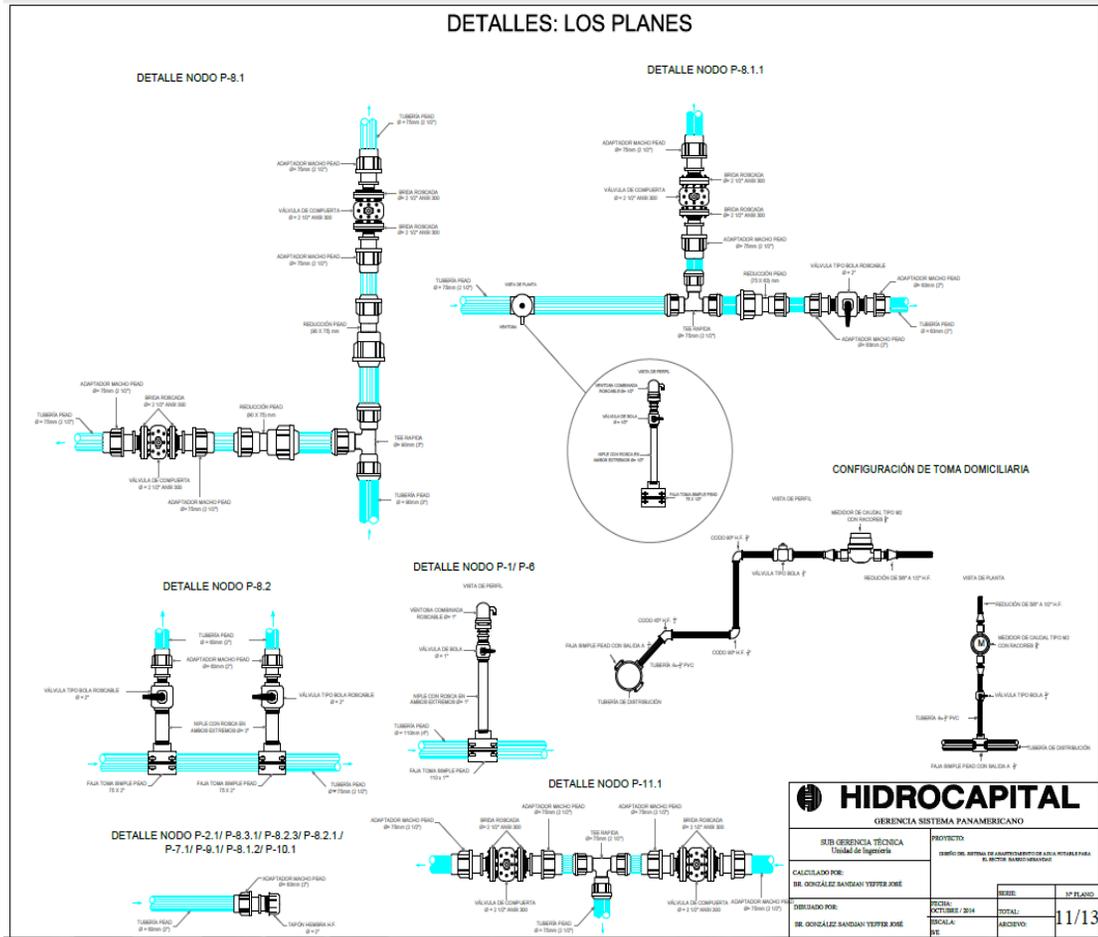
Fuente: El autor

Anexo 11. Plano en detalle 10/13, Los Planes



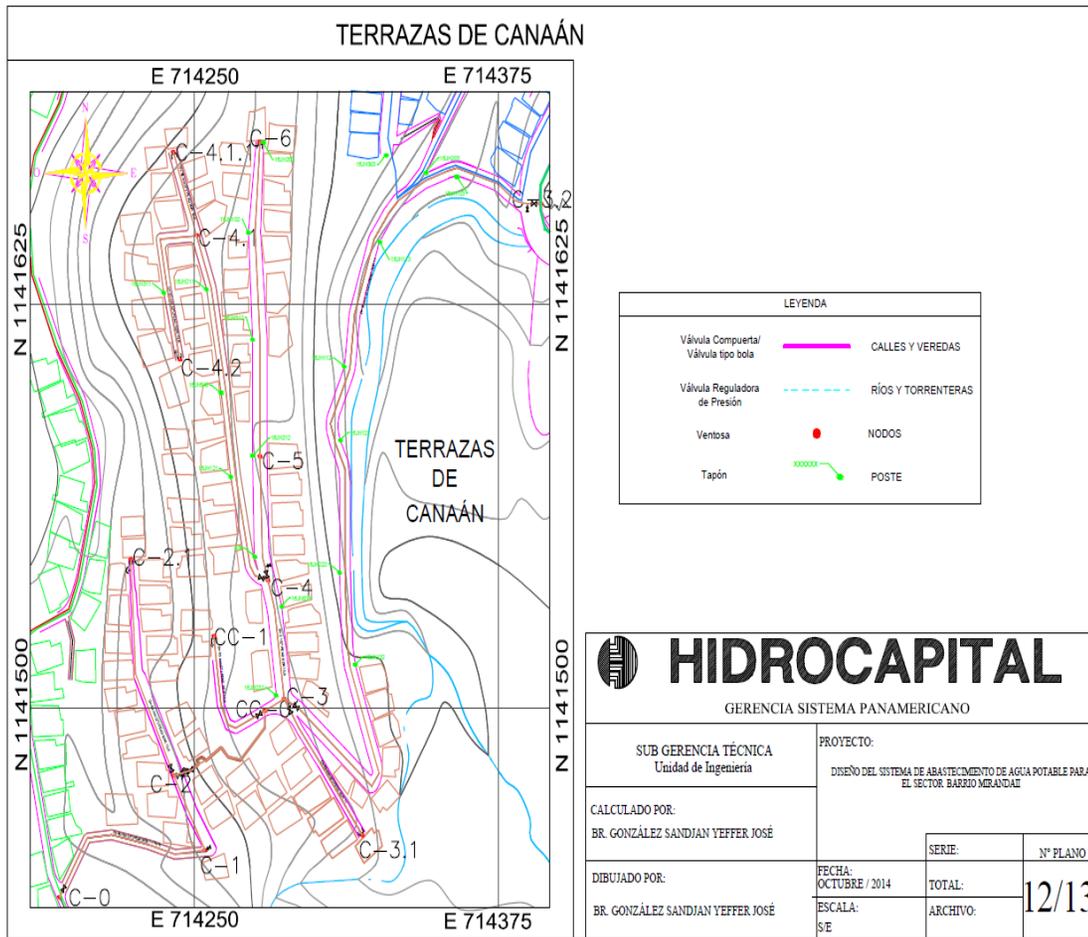
Fuente: El autor

Anexo 12. Plano en detalle 11/13, Los Planes



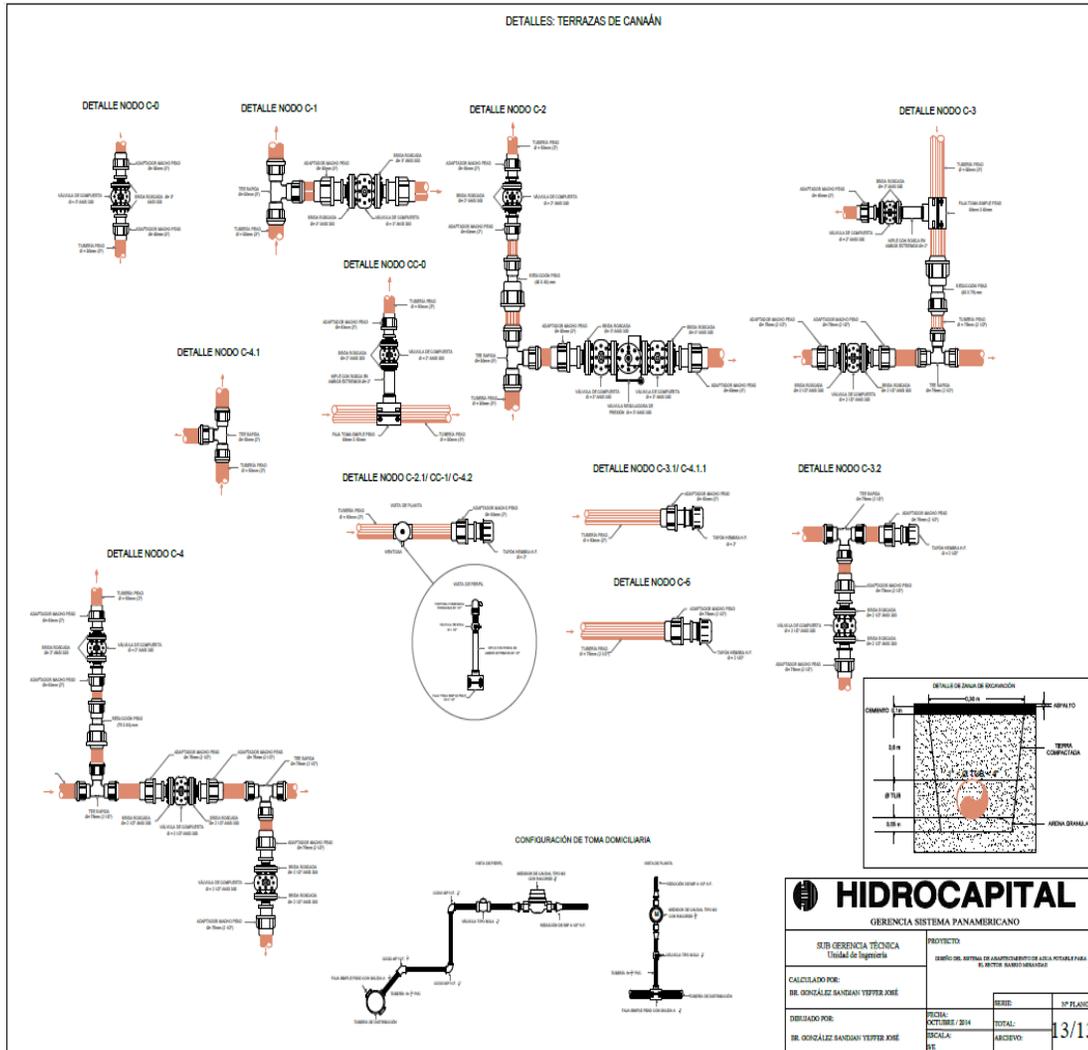
Fuente: El autor

Anexo 13. Plano en detalle 12/13, Terrazas de Canaán



Fuente: El autor

Anexo 14. Plano en detalle 13/13, Terrazas de Canaán



Fuente: El autor

Anexo 15. Estimación presupuestaria 1/8

						
CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
SUMINISTROS						
1	S/C HC	TUBERÍA D=110mm (4") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 8,1 mm	m	572	160,90	92034,80
2	S/C HC	TUBERÍA D= 75mm (2 1/2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 5,6 mm	m	601	77,20	46397,20
3	S/C HC	TUBERÍA D= 63mm (2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm	m	801	54,40	43574,40
4	S/C HC	CABLE ESPÍA TTU-AWG 12	m	1974	15,00	29610,00
5	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 2"	Und	3	77,00	231,00
6	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 1"	Und	1	77,00	77,00
7	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 2"	Und	2	49,00	98,00
8	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	2	49,00	98,00
9	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 110mm (4")	Und	12	298,00	3576,00
10	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 75mm (2 1/2")	Und	20	145,00	2900,00
11	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 63mm (2")	Und	18	70,00	1260,00
12	S/C HC	BOCA LLAVE N1 CON EXTENSIÓN CON TAPA	Und	17	1800,00	30600,00
13	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=4"	Und	12	308,00	3696,00
14	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	20	200,00	4000,00
15	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2"	Und	14	160,00	2240,00
16	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 2"	Und	5	21,66	108,30
17	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 1"	Und	1	16,66	16,66
18	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 1/2"	Und	2	16,66	33,32
19	S/C HC	REDUCCIÓN (160 X 110) mm	Und	1	373,00	373,00
20	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (110 X 75) mm	Und	4	443,00	1772,00
21	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2 1/2"	Und	2	18,30	36,60
22	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2"	Und	5	15,20	76,00
23	S/C HC	TEE RÁPIDA 110mm	Und	4	678,00	2712,00

24	S/C HC	TEE RÁPIDA 75mm	Und	3	305,00	915,00
25	S/C HC	TEE RÁPIDA 63mm	Und	1	162,00	162,00
26	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=4"	Und	7	3295,00	23065,00
27	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	10	2100,00	21000,00
28	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2"	Und	7	1690,00	11830,00
29	S/C HC	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN 4" ANSI 150 FIMACA SINGER	Und	1	65200,00	65200,00
30	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 2"	Und	2	567,00	1134,00
31	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1"	Und	1	329,00	329,00
32	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	2	220,00	440,00
33	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1"	Und	1	394,00	394,00
34	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1/2"	Und	2	320,00	640,00
35	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 1/2"	Und	83	77,00	6391,00
36	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	97	49,00	4753,00
37	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1/2"	Und	66	37,00	2442,00
38	S/C HC	CAJA TRONCOCÓNICA	Und	246	973,00	239358,00
39	S/C HC	CODO 45° H.G. D = 1/2"	Und	246	15,00	3690,00
40	S/C HC	CODO 90° H.G. D= 1/2"	Und	246	15,00	3690,00
41	S/C HC	CUPLONES 5/8" A 1/2	Und	246	40,14	9874,44
42	S/C HC	MEDIDOR DE 5/8"	Und	246	1300,00	319800,00
43	S/C HC	TUBERÍA PVC REFORZADA Ø= 1/2" (L = 6m)	Und	246	40,54	9972,84
44	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	246	255,20	62779,20
Sub total						1053379,76
Variación presupuestaria 20%						210675,95
IVA 12%						151686,69
Total Suministros						1415742,40

Fuente: El autor

Anexo 16. Estimación presupuestaria 2/8



HIDROCAPITAL
Una herramienta de la revolución

CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
ACTIVIDADES DE OBRA						
1	HC132	REPLANTEO AUXILIAR	Km	1,97	6.304,00	12.444,10
2	HC154	DEMOLICIÓN DE ASFALTO EN CALZADAS	m ³	8,58	224,66	1.927,58
3	HC153	DEMOLICIÓN DE CONCRETO EN CALZADAS Y ACERAS	m ³	59,22	374,44	22.174,34
4	HC212132	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MÁQUINA)	m ³	156,16	22,36	3.491,65
5	HC212131	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MANO)	m ³	368,55	326,59	120.364,74
6	HC22722	BASE GRANULAR DE ARENA	m ³	29,61	347,46	10.288,29
7	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D D=4" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	572,00	12,00	6.864,00
8	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D D=2 1/2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	601,00	12,00	7.212,00
9	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D D=2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	801,00	12,00	9.612,00
10	S/C HC	ALQUILER DE EQUIPO PARA LA TERMOFUSIÓN	día	1,00	11.000,00	11.000,00
11	HC4223	ANCLAJE DE CONCRETO Rcc=180 kgf/cm2 (INCLUYE ENCOFRADO, TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km, EXCLUYE REFUERZO)	m ³	0,41	2.227,40	902,10
12	HC7971	TANQUILLA DE CONCRETO Rcc=210 kgf/cm2. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE REFUERZO METÁLICO Y ENCOFRADO	m3	3,00	820,00	2.460,00
13	HC22111	RELLENO COMPACTADO CON TIERRA MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN AL 95% DE COMPACTACIÓN	m ³	426,38	55,30	23.579,04
14	HC2322	BOTE SIN ARREGLO ENTRE 5-10 km. INCLUYE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA	m ³	1.018,89	72,12	73.482,35

15	HC44123	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (PREMEZCLADO Rcc=210 kg/cm2	m ³	59,22	1.784,18	105.659,14
16	HC4430	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE (INCLUYE SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN, IMPRIMACIÓN O RIEGO)	Ton	20,08	822,55	16.514,50
17	S/C HC	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE Ø=1/2" (NO INCLUYE SUMINISTRO DE INSUMOS Y/O MATERIALES)	Und	246,00	230,00	56.580,00
18	HC8912	SEÑALIZACIÓN DIURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	dia	120,00	87,00	10.440,00
19	HC8922	SEÑALIZACIÓN NOCTURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	día	120,00	88,00	10.560,00
Sub total						505.555,82
Variación presupuestaria 20%						101.111,16
IVA 12%						72.800,04
Total Actividades de obra						679.467,02
Total						2.095.209,42

Fuente: El autor

Anexo 17. Estimación presupuestaria 3/8



CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
SUMINISTROS						
1	S/C HC	TUBERÍA D= 160mm (6") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6	m	467	339,30	Bs. F 158.453,10
2	S/C HC	TUBERÍA D= 110mm (4") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6	m	182	160,90	Bs. F 29.283,80
3	S/C HC	TUBERÍA D= 75mm (2 1/2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6	m	325	77,20	Bs. F 25.090,00
4	S/C HC	TUBERÍA D= 63mm (2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6	m	943	54,40	Bs. F 51.299,20
5	S/C HC	CABLE ESPÍA TTU-AWG 12	m	1917	15,00	Bs. F 28.755,00
6	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 160mm X 2"	Und	3	180,00	Bs. F 540,00
7	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 2"	Und	3	77,00	Bs. F 231,00
8	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 2"	Und	2	49,00	Bs. F 98,00
9	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	2	49,00	Bs. F 98,00
10	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1/2"	Und	2	37,00	Bs. F 74,00
11	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 110mm (4")	Und	3	298,00	Bs. F 894,00
12	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 75mm (2 1/2")	Und	10	145,00	Bs. F 1.450,00
13	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 63mm (2")	Und	25	70,00	Bs. F 1.750,00
14	S/C HC	BOCA LLAVE N1 CON EXTENSIÓN CON TAPA	Und	13	1800,00	Bs. F 23.400,00
15	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=4"	Und	2	308,00	Bs. F 616,00
16	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	10	200,00	Bs. F 2.000,00
17	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2"	Und	18	160,00	Bs. F 2.880,00
18	S/C HC	COLLAR DE BRIDA PEAD ANSI 150 D=6" , PARA TERMOFUSIÓN	Und	4	2800,00	Bs. F 11.200,00
19	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D=2"	Und	8	21,66	Bs. F 173,28
20	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D=1/2"	Und	4	16,66	Bs. F 66,64
21	S/C HC	REDUCCIÓN (160 X 110) mm	Und	1	373,00	Bs. F 373,00
22	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (110 X 75) mm	Und	1	443,00	Bs. F 443,00
23	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (110 X 63) mm	Und	1	368,00	Bs. F 368,00
24	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (75 X 63) mm	Und	1	215,00	Bs. F 215,00
25	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2 1/2"	Und	1	18,30	Bs. F 18,30
26	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2"	Und	8	15,20	Bs. F 121,60

27	S/C HC	TEE DE ACERO ASTM A53 D=6"	Und	1	500,00	Bs. F 500,00
28	S/C HC	TEE RÁPIDA 110mm	Und	1	678,00	Bs. F 678,00
29	S/C HC	TEE RÁPIDA 75mm	Und	1	305,00	Bs. F 305,00
30	S/C HC	TEE RÁPIDA 63mm	Und	5	162,00	Bs. F 810,00
31	S/C HC	TEE REDUCTORA 6" X 4" PEAD con niple para Termofusión	Und	2	3200,00	Bs. F 6.400,00
32	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=4"	Und	1	3295,00	Bs. F 3.295,00
33	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=6"	Und	2	5100,00	Bs. F 10.200,00
34	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	5	2900,00	Bs. F 14.500,00
35	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2"	Und	9	2690,00	Bs. F 24.210,00
36	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 2"	Und	3	567,00	Bs. F 1.701,00
37	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	4	220,00	Bs. F 880,00
38	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 2"	Und	1	430,00	Bs. F 430,00
39	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1/2"	Und	4	320,00	Bs. F 1.280,00
40	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 160mm X 1/2"	Und	39	180,00	Bs. F 7.020,00
41	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 1/2"	Und	17	77,00	Bs. F 1.309,00
42	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	47	49,00	Bs. F 2.303,00
43	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1/2"	Und	63	37,00	Bs. F 2.331,00
44	S/C HC	CAJA TRONCOCÓNICA	Und	207	973,00	Bs. F 201.411,00
45	S/C HC	CODO 45° H.G. D= 1/2"	Und	207	15,00	Bs. F 3.105,00
46	S/C HC	CODO 90° H.G. D= 1/2"	Und	207	15,00	Bs. F 3.105,00
47	S/C HC	CUPLONES 5/8" A 1/2	Und	207	40,14	Bs. F 8.308,98
48	S/C HC	MEDIDOR DE 5/8"	Und	207	1300,00	Bs. F 269.100,00
49	S/C HC	TUBERÍA PVC REFORZADA D= 1/2" (L = 6m)	Und	207	40,54	Bs. F 8.391,78
50	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	207	255,20	Bs. F 52.826,40
Sub total						Bs. F 964.291,08
Variación presupuestaria 20%						Bs. F 192.858,22
IVA 12%						Bs. F 138.857,92
Total Suministros						Bs. F 1.296.007,21

Fuente: El autor

Anexo 18. Estimación presupuestaria 4/8



HIDROCAPITAL
Una herramienta de la revolución

CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II. MUNICIPIO GUAICAIPURO-ESTADO MIRANDA (TERRAZAS DE MIRANDA)						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
ACTIVIDADES DE OBRA						
1	HC132	REPLANTEO AUXILIAR	Km	1,92	6.304,00	Bs. F 12.084,77
2	HC154	DEMOLICIÓN DE ASFALTO EN CALZADAS	m ³	25,96	224,66	Bs. F 5.832,17
3	HC153	DEMOLICIÓN DE CONCRETO EN CALZADAS Y ACERAS	m ³	66,85	374,44	Bs. F 25.031,31
4	HC212132	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MÁQUINA)	m ³	620,01	22,36	Bs. F 13.863,42
5	HC212131	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MANO)	m ³	380,63	326,59	Bs. F 124.308,32
6	HC22722	BASE GRANULAR DE ARENA	m ³	33,43	347,46	Bs. F 11.613,85
7	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=6" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	467,00	14,00	Bs. F 6.538,00
8	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=4" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	182,00	12,00	Bs. F 2.184,00
9	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2 1/2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	325,00	12,00	Bs. F 3.900,00
10	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	943,00	12,00	Bs. F 11.316,00
11	S/C HC	ALQUILER DE EQUIPO PARA LA TERMOFUSIÓN	día	1,00	11.000,00	Bs. F 11.000,00
12	HC4223	ANCLAJE DE CONCRETO Rcc=180 kgf/cm2 (INCLUYE ENCOFRADO, TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km, EXCLUYE REFUERZO)	m ³	0,49	2.227,40	Bs. F 1.082,52

13	HC7971	TANQUILLA DE CONCRETO Rcc=210 kgf/cm2. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE REFUERZO METÁLICO Y ENCOFRADO	m3	4,50	820,00	Bs. F 3.690,00
14	HC22111	RELLENO COMPACTADO CON TIERRA MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN AL 95% DE COMPACTACIÓN	m ³	401,10	55,30	Bs. F 22.180,83
15	HC2322	BOTE SIN ARREGLO ENTRE 5-10 km. INCLUYE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA	m ³	1.494,55	72,12	Bs. F 107.786,59
16	HC44123	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (PREMEZCLADO Rcc=210 kg/cm2	m ³	66,85	1.784,18	Bs. F 119.272,43
17	HC4430	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE (INCLUYE SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN, IMPRIMACIÓN O RIEGO)	Ton	78,21	822,55	Bs. F 64.335,34
18	S/C HC	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE Ø=1/2" (NO INCLUYE SUMINISTRO DE INSUMOS Y/O MATERIALES)	Und	207,00	230,00	Bs. F 47.610,00
19	HC8912	SEÑALIZACIÓN DIURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	dia	120,00	87,00	Bs. F 10.440,00
20	HC8922	SEÑALIZACIÓN NOCTURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	día	120,00	88,00	Bs. F 10.560,00
Sub total						Bs. F 614.629,55
Variación presupuestaria 20%						Bs. F 122.925,91
IVA 12%						Bs. F 88.506,66
Total Actividades de obra						Bs. F 826.062,12
Total						Bs. F 2.122.069,33

Fuente: El autor

Anexo 19. Estimación presupuestaria 5/8



HIDROCAPITAL
Una herramienta de la revolución

CÓMPUTOS MÉTRICOS

PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II

ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
SUMINISTROS						
1	S/C HC	TUBERÍA D= 110mm (4") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 8,1 mm	m	431	160,90	69.347,90
2	S/C HC	TUBERÍA D= 90mm (3") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 6,7mm	m	62	112,30	6.962,60
3	S/C HC	TUBERÍA D= 75mm (2 1/2")PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 5,6 mm	m	643	77,20	49.639,60
4	S/C HC	TUBERÍA D= 63mm (2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm	m	414	54,40	22.521,60
5	S/C HC	CABLE ESPÍA TTU-AWG 12	m	1550	15,00	23.250,00
6	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 2"	Und	6	77,00	462,00
7	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 1"	Und	2	77,00	154,00
8	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 2"	Und	3	49,00	147,00
9	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	1	49,00	49,00
10	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 110mm (4")	Und	10	298,00	2.980,00
11	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 90mm (3")	Und	2	185,00	370,00
12	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 75mm (2 1/2")	Und	13	145,00	1.885,00
13	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 63mm (2")	Und	24	70,00	1.680,00
14	S/C HC	BOCA LLAVE N1 CON EXTENSIÓN CON TAPA	Und	15	1800,00	27.000,00
15	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=4"	Und	10	308,00	3.080,00
16	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=3"	Und	2	260,00	520,00
17	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	14	200,00	2.800,00
18	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2"	Und	6	160,00	960,00
19	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 2"	Und	7	21,66	151,62
20	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS	Und	4	16,66	66,64

		EXTREMOS D= 1"				
21	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 1/2"	Und	1	16,66	16,66
22	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (110 X 90) mm	Und	1	483,00	483,00
23	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (110 X 75) mm	Und	1	443,00	443,00
24	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (90 X 75) mm	Und	2	330,00	660,00
25	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (75 X 63) mm	Und	2	215,00	430,00
26	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2 1/2"	Und	1	18,30	18,30
27	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2"	Und	8	15,20	121,60
28	S/C HC	TEE RÁPIDA 110mm	Und	3	678,00	2.034,00
29	S/C HC	TEE RÁPIDA 90mm	Und	1	418,00	418,00
30	S/C HC	TEE RÁPIDA 75mm	Und	4	305,00	1.220,00
31	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=4"	Und	6	3295,00	19.770,00
32	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=3"	Und	1	3100,00	3.100,00
33	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	7	2900,00	20.300,00
34	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2"	Und	3	1690,00	5.070,00
35	S/C HC	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN 4" ANSI 150 FIMACA SINGER	Und	1	65200,00	65.200,00
36	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 2"	Und	10	567,00	5.670,00
37	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1"	Und	2	329,00	658,00
38	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	1	220,00	220,00
39	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1"	Und	2	394,00	788,00
40	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1/2"	Und	1	320,00	320,00
41	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 110mm X 1/2"	Und	48	77,00	3.696,00
42	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 90mm X 1/2"	Und	9	65,00	585,00
43	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	92	49,00	4.508,00
44	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1/2"	Und	73	37,00	2.701,00
45	S/C HC	CAJA TRONCOCÓNICA	Und	222	973,00	216.006,00
46	S/C HC	CODO 45° H.G. D= 1/2"	Und	222	15,00	3.330,00
47	S/C HC	CODO 90° H.G. D= 1/2"	Und	222	15,00	3.330,00
48	S/C HC	CUPLONES 5/8" A 1/2	Und	222	40,14	8.911,08
49	S/C HC	MEDIDOR DE 5/8"	Und	222	1300,00	288.600,00
50	S/C HC	TUBERÍA PVC REFORZADA D= 1/2" (L = 6m)	Und	222	40,54	8.999,88
51	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	222	255,20	56.654,40

Sub total	938.288,88
Variación presupuestaria 20%	187.657,78
IVA 12%	135.113,60
Total Suministros	1.261.060,25

Fuente: El autor

Anexo 20. Estimación presupuestaria 6/8



HIDROCAPITAL
Una herramienta de la revolución

CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
ACTIVIDADES DE OBRA						
1	HC132	REPLANTEO AUXILIAR	Km	1,55	6.304,00	Bs. F 9.771,20
2	HC154	DEMOLICIÓN DE ASFALTO EN CALZADAS	m ³	6,47	224,66	Bs. F 1.452,43
3	HC153	DEMOLICIÓN DE CONCRETO EN CALZADAS Y ACERAS	m ³	46,50	374,44	Bs. F 17.411,46
4	HC212132	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MÁQUINA)	m ³	117,66	22,36	Bs. F 2.630,94
5	HC212131	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MANO)	m ³	305,49	326,59	Bs. F 99.769,00
6	HC22722	BASE GRANULAR DE ARENA	m ³	23,25	347,46	Bs. F 8.078,45
7	HC316508	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=4" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	431,00	12,00	Bs. F 5.172,00
8	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=3" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	62,00	12,00	Bs. F 744,00
9	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2 1/2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	643,00	12,00	Bs. F 7.716,00
10	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	414,00	12,00	Bs. F 4.968,00
11	S/C HC	ALQUILER DE EQUIPO PARA LA TERMOFUSIÓN	día	1,00	11.000,00	Bs. F 11.000,00
12	HC4223	ANCLAJE DE CONCRETO Rcc=180 kgf/cm ² (INCLUYE ENCOFRADO, TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km, EXCLUYE REFUERZO)	m ³	0,59	2.227,40	Bs. F 1.323,08

13	HC7971	TANQUILLA DE CONCRETO Rcc=210 kgf/cm2. INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE REFUERZO METÁLICO Y ENCOFRADO	m3	4,50	820,00	Bs. F 3.690,00
14	HC22111	RELLENO COMPACTADO CON TIERRA MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN AL 95% DE COMPACTACIÓN	m ³	279,00	55,30	Bs. F 15.428,70
15	HC2322	BOTE SIN ARREGLO ENTRE 5-10 km. INCLUYE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA	m ³	755,12	72,12	Bs. F 54.458,89
16	HC44123	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (PREMEZCLADO Rcc=210 kg/cm2	m ³	46,50	1.784,18	Bs. F 82.964,37
17	HC4430	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE (INCLUYE SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN, IMPRIMACIÓN O RIEGO)	Ton	15,13	822,55	Bs. F 12.443,62
18	S/C HC	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE Ø=1/2" (NO INCLUYE SUMINISTRO DE INSUMOS Y/O MATERIALES)	Und	222,00	230,00	Bs. F 51.060,00
19	HC8912	SEÑALIZACIÓN DIURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	dia	120,00	87,00	Bs. F 10.440,00
20	HC8922	SEÑALIZACIÓN NOCTURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	día	120,00	88,00	Bs. F 10.560,00
Sub total						Bs. F 411.082,13
Variación presupuestaria 20%						Bs. F 82.216,43
IVA 12%						Bs. F 59.195,83
Total Actividades de obra						Bs. F 552.494,39
Total						Bs. F 1.813.554,64

Fuente: El autor

Anexo 21. Estimación presupuestaria 7/8



CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
SUMINISTROS						
1	S/C HC	TUBERÍA D= 90mm (3") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 6,7mm	m	170	112,30	19.091,00
2	S/C HC	TUBERÍA D= 75mm (2 1/2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 5,7 mm	m	174	77,20	13.432,80
3	S/C HC	TUBERÍA D= 75mm (2 1/2") PEAD PN12,5 (185psi) SDR 13,6 e= 5,6 mm	m	304	81,72	24.842,88
4	S/C HC	TUBERÍA D= 63mm (2") PEAD PN12,5 (185psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm	m	52	58,01	3.016,52
5	S/C HC	TUBERÍA D= 63mm (2") PEAD PN10 (150psi) SDR 13,6 e= 4,7 mm	m	308	54,40	16.755,20
6	S/C HC	CABLE ESPÍA TTU-AWG 12	m	1008	15,00	15.120,00
7	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 90mm X 2"	Und	2	65,00	130,00
8	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1"	Und	3	37,00	111,00
9	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 90mm (3")	Und	6	185,00	1.110,00
10	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 75mm (2 1/2")	Und	10	145,00	1.450,00
11	S/C HC	ADAPTADOR MACHO PEAD 63mm (2")	Und	8	70,00	560,00
12	S/C HC	BOCA LLAVE N1 CON EXTENSIÓN CON TAPA	Und	8	1800,00	14.400,00
13	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=3"	Und	6	260,00	1.560,00
14	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	10	200,00	2.000,00
15	S/C HC	BRIDA DE ACERO ROSCADA ANSI 150 D=2"	Und	8	160,00	1.280,00
16	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 2"	Und	2	21,66	43,32
17	S/C HC	NIPLE H.G. ASTM A53 ROSCADOS AMBOS EXTREMOS D= 1/2"	Und	3	16,66	49,98
18	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (90 X 75) mm	Und	1	330,00	330,00
19	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (90 X 63) mm	Und	1	255,00	255,00
20	S/C HC	REDUCCIÓN PEAD (75 X 63) mm	Und	1	215,00	215,00

21	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2 1/2"	Und	2	18,30	36,60
22	S/C HC	TAPÓN HEMBRA H.G. D= 2"	Und	5	15,20	76,00
23	S/C HC	TEE RÁPIDA 90mm	Und	2	418,00	836,00
24	S/C HC	TEE RÁPIDA 75mm	Und	4	305,00	1.220,00
25	S/C HC	TEE RÁPIDA 63mm	Und	1	162,00	162,00
26	S/C HC	TEE REDUCTORA 6" X 3" PEAD con niple para Termo-fusión	Und	1	3200,00	3.200,00
27	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=6"	Und	1	5100,00	5.100,00
28	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=3"	Und	4	3100,00	12.400,00
29	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2 1/2"	Und	4	2900,00	11.600,00
30	S/C HC	VÁLVULA DE COMPUERTA V/F BRIDADA ANSI 150 D=2"	Und	4	2690,00	10.760,00
31	S/C HC	VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN 3" ANSI 150 FIMACA SINGER	Und	1	47300,00	47.300,00
32	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	3	220,00	660,00
33	S/C HC	VENTOSA COMBINADA ROSCABLE D= 1/2"	Und	3	320,00	960,00
34	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 90mm X 1/2"	Und	9	65,00	585,00
35	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 75mm X 1/2"	Und	40	49,00	1.960,00
36	S/C HC	ABRAZADERA (FAJA TOMA) SIMPLE PEAD 63mm X 1/2"	Und	56	37,00	2.072,00
37	S/C HC	CAJA TRONCOCÓNICA	Und	105	973,00	102.165,00
38	S/C HC	CODO 45° H.G. D= 1/2"	Und	105	15,00	1.575,00
39	S/C HC	CODO 90° H.G. D= 1/2"	Und	105	15,00	1.575,00
40	S/C HC	CUPLONES 5/8" A 1/2	Und	105	40,14	4.214,70
41	S/C HC	MEDIDOR DE 5/8"	Und	105	1300,00	136.500,00
42	S/C HC	TUBERÍA PVC REFORZADA D= 1/2" (L = 6m)	Und	105	40,54	4.256,70
43	S/C HC	VÁLVULA TIPO BOLA (PASE RÁPIDO) D= 1/2"	Und	105	255,20	26.796,00
Sub total						491.762,70
Variación presupuestaria 20%						98.352,54
IVA 12%						70.813,83
Total Suministros						660.929,07

Fuente: El autor

Anexo 22. Estimación presupuestaria 8/8



CÓMPUTOS MÉTRICOS						
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II						
ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DE PARTIDA	UND	CTD	P.U.	TOTAL BsF.
ACTIVIDADES DE OBRA						
1	HC132	REPLANTEO AUXILIAR	Km	1,01	6.304,00	Bs. F 6.354,43
2	HC154	DEMOLICIÓN DE ASFALTO EN CALZADAS	m ³	9,72	224,66	Bs. F 2.183,70
3	HC153	DEMOLICIÓN DE CONCRETO EN CALZADAS Y ACERAS	m ³	30,24	374,44	Bs. F 11.323,07
4	HC212132	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MÁQUINA)	m ³	167,68	22,36	Bs. F 3.749,24
5	HC212131	EXCAVACIÓN DE ZANJAS EN TIERRA ENTRE 0-3,5 m. (MANO)	m ³	98,38	326,59	Bs. F 32.130,58
6	HC22722	BASE GRANULAR DE ARENA	m ³	15,12	347,46	Bs. F 5.253,60
7	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=3" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	170,00	12,00	Bs. F 2.040,00
8	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2 1/2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	478,00	12,00	Bs. F 5.736,00
9	S/C HC	COLOCACION DE TUBERIA Y ACCESORIOS P.E.A.D. D=2" (INCLUYE TRANSPORTE DE TUBERÍA HASTA 15 Km.)	m	360,00	12,00	Bs. F 4.320,00
10	S/C HC	ALQUILER DE EQUIPO PARA LA TERMOFUSIÓN	día	1,00	11.000,00	Bs. F 11.000,00
11	HC4223	ANCLAJE DE CONCRETO Rcc=180 kgf/cm ² (INCLUYE ENCOFRADO, TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km, EXCLUYE REFUERZO)	m ³	0,54	2.227,40	Bs. F 1.202,80
12	HC7971	TANQUILLA DE CONCRETO Rcc=210 kgf/cm ² . INCLUYE TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 km. EXCLUYE REFUERZO METÁLICO Y ENCOFRADO	m ³	3,00	820,00	Bs. F 2.460,00
13	HC22111	RELLENO COMPACTADO CON TIERRA MATERIAL DE LA EXCAVACIÓN AL 95% DE COMPACTACIÓN	m ³	181,44	55,30	Bs. F 10.033,63

14	HC2322	BOTE SIN ARREGLO ENTRE 5-10 km. INCLUYE CARGA, TRANSPORTE Y DESCARGA	m ³	487,46	72,12	Bs. F 35.155,47
15	HC44123	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO DE CONCRETO (PREMEZCLADO Rcc=210 kg/cm2	m ³	30,24	1.784,18	Bs. F 53.953,60
16	HC4430	RECONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO MEZCLA ASFÁLTICA CALIENTE (INCLUYE SUMINISTRO, TRANSPORTE, COLOCACIÓN, IMPRIMACIÓN O RIEGO)	Ton	22,74	822,55	Bs. F 18.708,74
17	S/C HC	CONSTRUCCIÓN DE CONEXIÓN DOMICILIARIA DE AGUA POTABLE Ø=1/2" (NO INCLUYE SUMINISTRO DE INSUMOS Y/O MATERIALES)	Und	105,00	230,00	Bs. F 24.150,00
18	HC8912	SEÑALIZACIÓN DIURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	dia	120,00	87,00	Bs. F 10.440,00
19	HC8922	SEÑALIZACIÓN NOCTURNA (SUMINISTRO CONTRATISTA: CONOS, AVISOS METÁLICOS Y PLANCHAS DE ACERO, ETC.) (LA CINTA DE SEGURIDAD ES SUMINISTRADA POR HIDROCAPITAL)	día	120,00	88,00	Bs. F 10.560,00
Sub total						Bs. F 250.754,84
Variación presupuestaria 20%						Bs. F 50.150,97
IVA 12%						Bs. F 36.108,70
Total Actividades de obra						Bs. F 337.014,50
Total						Bs. F 997.943,57

Fuente: El autor

Anexo 23. Estimación presupuestaria total



CÓMPUTOS MÉTRICOS	
PROYECTO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE PARA EL SECTOR DE BARRIO MIRANDA II	
RESUMEN	
EQUIPO DE BOMBEO DE LOS POZOS	3.222.145,11
TOTAL ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO	2.187.452,38
TOTAL TUBERÍA SALIDA DEL ESTANQUE	365.883,19
TOTAL RED DE UNIÓN NUEVA ESPERANZA	2.095.209,42
TOTAL RED DE TERRAZAS DE MIRANDA	2.122.069,33
TOTAL RED DE LOS PLANES	1.813.554,64
TOTAL RED DE TERRAZAS DE CANAÁN	997.943,57
TOTAL DEL PROYECTO	Bs. F 12.804.257,64

Fuente: El autor