

Universidad de Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil



**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS
SERVIDAS DEL SECTOR EL GRANADILLO,
EN CANTAURA, EDO. ANZOÁTEGUI**

Autor:

Sergio Ricauter, Agostini López

Trabajo de Grado presentado ante la Universidad de Oriente
como requisito parcial para optar al título de:

INGENIERO CIVIL

Cantaura, marzo de 2023

Universidad de Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil



**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS
SERVIDAS DEL SECTOR EL GRANADILLO,
EN CANTAURA, EDO. ANZOÁTEGUI**

**Prof. Elys Rondón
Asesor académico**

Cantaura, marzo de 2023

Universidad de Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil



**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE
AGUA POTABLE Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS
SERVIDAS DEL SECTOR EL GRANADILLO,
EN CANTAURA, EDO. ANZOÁTEGUI**

JURADO CALIFICADOR

El Jurado hace constar que asignó a esta Tesis la calificación de

APROBADO

Prof. Laurimar Rojas
Jurado principal

Prof. Jesús Álvarez
Jurado principal

Cantaura, marzo de 2023

RESOLUCIÓN

Reglamento de Trabajos de Grado de Pregrado de la Universidad de Oriente,

Resolución CU-N° 034 / 2009

Artículo 41: *“Los Trabajos de Grado son de exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización”*

DEDICATORIA

Sobre todas las cosas dedico este trabajo a ***DIOS Todopoderoso***, por estar conmigo en cada paso que doy y haber puesto en mi camino a personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.

A mis padres ***Ricaurte Agostini y Marilú López*** por darme el apoyo y el ejemplo de vivir con esfuerzo constancia y perseverancia.

A mis tíos ***Darío Guevara y Marisela Guevara*** quienes, a pesar de estar eventualmente junto a mí, el ánimo, apoyo y alegría que me brindan me dan la fortaleza necesaria para seguir adelante.

A mi abuela ***Mercedes Guevara*** por brindarme su apoyo, cariño y amor para cumplir mis metas.

Sergio Ricauter Agostini López

AGRADECIMIENTO

A la Universidad de Oriente, Extensión Cantaura, porque en su seno me formé como profesional.

Un agradecimiento muy especial al **Urbanista Elys Rondón**, por su colaboración, paciencia y apoyo en todo momento.

A la **Lcda. Laurimar Rojas** y al **Ing. Jesús Álvarez** por todo el apoyo brindado.

A los profesores de la Universidad de Oriente que dedicaron sus asignaturas a darme instrucción, entre ellos el **Ing. Jhonatan Martínez**.

A mis compañeros de clases que han vivido conmigo la realización de este sueño. En general, a todas esas personas especiales que estuvieron a mi lado; desde lo más profundo de mi corazón les agradezco su apoyo, colaboración, ánimo y sobre todo su cariño y amistad.

¡A todos GRACIAS!
Sergio Ricauter Agostini López

Universidad de Oriente
Núcleo de Anzoátegui
Extensión Cantaura
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas
Departamento de Ingeniería Civil



**EVALUACIÓN DE LOS SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE Y SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE AGUAS
SERVIDAS DEL SECTOR EL GRANADILLO,
EN CANTAURA, EDO. ANZOÁTEGUI**

Autor: Agostini, Sergio
Asesor académico: Rondón, Elys
Fecha: 02 de marzo de 2023

RESUMEN

La investigación propone nuevas redes para los servicios sanitarios del Sector El Granadillo, de Cantaura, partiendo previamente de la evaluación de las redes existentes, planteando alternativas sustanciales que pueden beneficiar otras zonas de la ciudad, asegurando mejor calidad de vida y la preservación del ecosistema adyacente. Esto se logró mediante datos obtenidos en sitio a través de la observación directa, investigación documental y entrevistas; catalogando la investigación como proyecto de campo e investigación descriptiva. Se evaluó la actual infraestructura hidráulica teniendo en cuenta las normas del INOS, MSAS y del MARNR, complementando con un análisis mediante los programas “*WaterCAD*” y “*SewerCAD*” con el fin de determinar incongruencias y anomalías que ante la evaluación estándar son imperceptibles. Posteriormente fueron elaborados los planos mediante el programa AutoCAD® 2018, así como también, se calcularon los APU y el presupuesto de obra, concluyendo que las actuales condiciones sanitarias son deplorables y necesitan atención inmediata, teniendo en cuenta las condiciones de zonificación y proyección de la zona, siendo una situación cambiante tomando medidas correctivas e implantando proyectos similares al expuesto en este trabajo de grado.

Palabras clave: evaluación, aguas blancas, aguas servidas, propuesta, diseño, alcantarillado.

ÍNDICE GENERAL

RESOLUCIÓN	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
INTRODUCCIÓN	xvi
CAPÍTULO I	18
EL PROBLEMA	18
1.1 Planteamiento del problema	18
1.2. Objetivos de la investigación	22
1.2.1. Objetivo general	22
1.2.2. Objetivos específicos	22
1.3. Descripción del área en estudio	23
1.3.1. Evolución histórica	23
1.3.2. Ubicación geográfica	24
1.3.3. Ambiente y medio físico natural	28
1.3.4. Estructura y desarrollo urbano	33
1.3.5. Zonificación y variables urbanas	34
1.3.6. Población	37
CAPÍTULO II	38
MARCO TEÓRICO	38
2.1. Antecedentes de la investigación	38
2.2. Bases teóricas	40
2.2.1. Topografía	40
2.2.2. Levantamiento topográfico	41
2.2.3. Poligonales	44
2.2.4. Nivelación	45
2.2.5. Aguas blancas	49

2.2.6.	Sistema de abastecimiento de aguas blancas	49
2.2.7.	Ecuaciones para obtener los consumos en diferentes períodos.....	53
2.2.8.	Aguas residuales.....	55
2.2.9.	Sistemas de recolección de aguas servidas	56
2.2.10.	Componentes del sistema cloacal.....	57
2.2.11.	Coeficiente de rugosidad de los colectores	66
2.2.12.	Diámetro mínimo en colectores.....	67
2.2.13.	Anchos de zanja.....	67
2.2.14.	Colectores marginales de aguas servidas.....	68
2.2.15.	Evaluación de una red de aguas servidas.....	70
2.2.16.	Cálculo de gasto de proyecto en sistemas para aguas residuales	71
2.2.17.	Hidráulica de colectores	76
2.2.18.	Ubicación y profundidad de los colectores de aguas servidas ..	79
2.2.19.	Aporte de infiltración de aguas de lluvia al colector.....	82
2.2.20.	Elección del tipo de sistema de recolección	83
2.2.21.	Área tributaria.....	84
CAPÍTULO III		86
MARCO METODOLÓGICO		86
3.1.	Tipo de investigación	86
3.2.	Nivel de investigación	86
3.3.	Técnicas e instrumentos de investigación	87
3.4.	Fases de la Investigación	90
3.4.1.	Revisión documental y observación de condiciones iniciales ...	91
3.4.2.	Realización del levantamiento planialtimétrico de las redes sanitarias existentes	91
3.4.3.	Determinación de las condiciones existentes de las redes de agua potable y red de aguas servidas en el sector El Granadillo, usando los criterios de las normas del MSAS, INOS y MARNR y los programas de análisis hidráulico “ <i>WaterCAD</i> ” y “ <i>SewerCAD</i> ”:	92
3.4.4.	Elaboración de un nuevo diseño para las redes de abastecimiento de agua potable y redes de recolección de aguas servidas tomando en cuenta las normas INOS, MSAS y MARNR.....	92
3.4.5.	Diseño de los planos de ingeniería empleando el programa AutoCAD.....	93

3.4.6.	Presentación de los análisis de precio unitario y el presupuesto de obra, empleando el programa IP3 Control de Obras	93
3.4.7.	Redacción y presentación del trabajo de grado	94
CAPÍTULO IV.....		95
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		95
4.1.	Condiciones iniciales	95
4.1.1.	Red de aguas blancas.....	95
4.1.2.	Red de aguas servidas.....	95
4.2.	Levantamiento planialtimétrico	95
4.3.	Determinar las condiciones existentes en la red de distribución de agua potable y red de recolección de aguas servidas del Sector El Granadillo, usando las normas MSAS-1988, INOS-1975 y MARNR-1999, y los programas “WaterCAD” y “SewerCAD”	98
4.3.1.	Análisis de las condiciones de la red de distribución de agua potable (año 2022).....	98
4.3.2.	Análisis de las actuales condiciones de la red de aguas residuales (año 2022)	124
4.4.	Elaboración de un nuevo diseño para la red de abastecimiento de agua potable y red de recolección de aguas servidas, considerando las normas INOS-1975, MSAS-1988 y MARNR-1999	134
4.4.1.	Red de aguas blancas.....	135
4.4.2.	Red de aguas servidas.....	144
4.5.	Elaboración de los planos de ingeniería de detalle empleando el programa comercial AutoCAD 2018.....	150
4.6.	Estimación de los análisis de precio unitario y el presupuesto de obra, empleando el programa comercial IP3 Control de Obras 2014.....	151
4.6.1.	Cómputos métricos	152
4.6.2.	Análisis de precios unitarios (APU)	154
4.6.3.	Presupuesto de obra	155
CAPÍTULO V.....		157
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		157
5.1.	CONCLUSIONES	157
5.2.	RECOMENDACIONES.....	159
BIBLIOGRAFÍA.....		161

ANEXOS.....	163
ANEXO A: COMPENDIO FOTOGRÁFICO.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO B: DATOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO C: ANÁLISIS DE PRECIO UNITARIO Y PRESUPUESTO DE OBRA.....	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO D: PLANOS DE INGENIERÍA.....	¡Error! Marcador no definido.
HOJAS DE METADATOS.....	164

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del sector El Granadillo	25
Figura 2. Poligonal del Sector El Granadillo	27
Figura 3. Método del punto medio en la nivelación simple.	46
Figura 4. Nivelación por el método del punto extremo	47
Figura 5. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua	50
Figura 6: Red abierta.	52
Figura 7: Red cerrada.	52
Figura 8. Tanquilla de empotramiento.	58
Figura 9. Boca de visita tipo Ia.....	59
Figura 10. Boca de visita tipo Ib.....	60
Figura 11. Boca de visita tipo II.....	60
Figura 12. Boca de visita tipo III.....	61
Figura 13. Boca de visita tipo IVa.	61
Figura 14. Boca de visita tipo IVb.	62
Figura 15. Colectores marginales enterrados adyacentes a canales.....	69
Figura 16. Colectores marginales adosados a canales.	70
Figura 17. Elementos hidráulicos de un conducto de sección circular	79
Figura 18. Separación mínima entre tuberías de acueductos y cloacas	80
Figura 19. Diagrama de flujo del proceso investigativo.....	90
Figura 20 . Monumento de concreto de punto Cantaura2P, perteneciente a la RGM.....	96
Figura 21. Red de aguas blancas existente, sector El Granadillo, Cantaura (año 2022).....	98
Figura 22. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 1	100
Figura 23. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 2	101
Figura 24. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 3	102
Figura 25. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 4	103
Figura 26. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 5	104
Figura 27. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 6	105
Figura 28. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 7	106
Figura 29. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 8	107
Figura 30. Dispositivo empleado por los habitantes del sector para acarrear agua.....	108

Figura 31. Esquema de distribución de agua potable, situación actual (año 2022).	112
Figura 32. Inicio de “WaterCAD”.....	116
Figura 33. Información del proyecto.....	117
Figura 34. Determinación del fluido a modelar y ecuación de pérdida.....	118
Figura 35. Configuración del sistema de unidades	119
Figura 36. Configuración del prototipo	119
Figura 37. Introducción de datos de consumo en cada nodo.	122
Figura 38. Elección del diámetro y tipo de material de las tuberías.	122
Figura 39. Resultados de las presiones en cada vértice.....	123
Figura 40. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 9	125
Figura 41. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 10	126
Figura 42. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 11	127
Figura 43. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 12	128
Figura 44. Ilustración de zona inundable en el Sector El Granadillo	131
Figura 45. Propuesta de trazado de la nueva red de agua potable para el sector	140
Figura 46. Trazado de la propuesta del sistema de aguas servidas para el Sector El Granadillo	144
Figura 47. Interfaz de inicio del programa AutoCAD 2018.....	150
Figura 48. Creación de curvas de nivel en AutoCAD.....	151

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas del sector El Granadillo.....	26
Tabla 2. Variables urbanas fundamentales (ZCSR).....	35
Tabla 3. Variables urbanas fundamentales (ZRD)	37
Tabla 4. Medidas a utilizar en las caídas de bocas de visita	63
Tabla 5. Coeficientes de rugosidad según el material.	67
Tabla 6. Anchos de zanja para tuberías según el diámetro	68
Tabla 7. Velocidades máximas según el tipo de material	77
Tabla 8. Profundidades de construcción del acueducto.....	81
Tabla 9. Datos de puntos de referencia implantados en el Sector El Granadillo	97
Tabla 10. Pregunta 1 de la encuesta estructurada	99
Tabla 11. Pregunta 2 de la encuesta estructurada	100
Tabla 12. Pregunta 3 de la encuesta estructurada	101
Tabla 13. Pregunta 4 de la encuesta estructurada	102
Tabla 14. Pregunta 5 de la encuesta estructurada	103
Tabla 15. Pregunta 6 de la encuesta estructurada	104
Tabla 16. Pregunta 7 de las encuestas estructuradas	105
Tabla 17. Pregunta 8 de la encuesta estructurada	106
Tabla 18. Evaluación de caudales de El Granadillo (año 2022)	110
Tabla 19. Volumen de almacenamiento requerido para la población de El Granadillo (año 2022)	111
Tabla 20. Dotación por tramos de acuerdo al uso	113
Tabla 21. Comparativa de diámetros seleccionados para en el actual sistema de distribución vs caudal máximo horario	114
Tabla 22. Caudal máximo admisible en función del diámetro de la tubería.....	115
Tabla 23. Pregunta 9 de la encuesta estructurada	124
Tabla 24. Pregunta 10 de la encuesta estructurada	125
Tabla 25. Pregunta 11 de la encuesta estructurada	126
Tabla 26. Pregunta 12 de la encuesta estructurada	127
Tabla 27. Cuadro resumen de causas que privan la construcción de una red de aguas servidas en el Sector El Granadillo	133
Tabla 28. Periodos de diseño del sistema	136

Tabla 29. Población del Estado Anzoátegui por Municipio	137
Tabla 30. Población futura comunidad de El Granadillo	138
Tabla 31. Demanda de agua potable por tramo en la red propuesta.....	141
Tabla 32. Volumen de almacenamiento requerido para la población de El Granadillo (año 2022)	144
Tabla 33. Caudales de diseño de la red de aguas servidas	145
Tabla 34. Diseño hidráulico para red de aguas servidas (propuesta)	146
Tabla 35. Diámetros y tipos de tuberías de la red de aguas servidas propuesta.....	148
Tabla 36. Descripción de partidas de las obras a ejecutar	152

INTRODUCCIÓN

El ideal de todo asentamiento humano es una correcta planificación urbana y la correspondiente disposición y proyección de los servicios básicos que se requieren para la vida cotidiana. Sin embargo, debido a la aparición del crecimiento informal y anárquico, y la ausencia de medidas correctivas y preventivas por parte de las autoridades, se hace tangible la proliferación de grandes zonas pobladas sin ningún tipo de control sanitario ni orden en la trama urbana.

La situación descrita es palpable en muchos lugares del mundo. En el caso de Venezuela, debido a la poca aplicación de medidas frente al crecimiento informal, aunado al deficiente poder adquisitivo del ciudadano común, y añadiendo las inadecuadas políticas gubernamentales de las últimas 2 décadas, es aún más notorio y desproporcionado el desarrollo informal de las ciudades, al punto de convertirse en una situación indeseada para el profesional en el ámbito urbano y civil.

Así mismo, la sociedad en general no comprende las consecuencias de los crecimientos informales, desde los impactos negativos en la trama urbana hasta aquellos relacionados a la demanda en los servicios públicos adyacentes, lo cual forma parte de la temática a abordar.

En este punto es de preguntarse ¿cómo evitar el impacto negativo en los servicios públicos con el continuo crecimiento de las zonas informales? ¿qué alternativas proponer para permitir el acceso a los servicios básicos en estas áreas informales? Si bien es cierto que se pueden evitar nuevos asentamientos no controlados con la correcta vigilancia y aplicación de medidas preventivas, también es cierto que no se pueden erradicar totalmente las zonas informales ya establecidas, por lo que se hace imperante apañar las

diferentes carencias que estos sectores poseen, pasando por la trama urbana, los servicios públicos y el rescate social.

En este orden de ideas, se hace muy relevante la disposición de servicios básicos para la ciudadanía, prestando gran importancia al acceso al agua potable y la correcta recolección de desechos, siendo el tema a abordar en este trabajo de investigación, en relación a un sector de la ciudad de Cantaura, cuyo apogeo ha sido totalmente anárquico, y desde su aparición la carencia de servicios sanitarios ha sido un problema cotidiano para sus habitantes.

En el capítulo I, se presentó una breve reseña histórica del área en estudio y se presentan diferentes datos relevantes para la investigación, relacionados al sector El Granadillo, de igual modo, se planteó la problemática, los objetivos a abordar. Más adelante, en el capítulo II, se muestran diferentes antecedentes relacionados al proyecto, cuyo aporte es significativo para el desarrollo de la investigación, así como también, se expusieron las bases teóricas que corresponden con el trabajo de grado.

En el tercer capítulo, fueron señalados los diferentes métodos empleados para la elaboración del proyecto, como las técnicas empleadas para la toma de datos en sitio, el tipo de investigación, y una breve esquematización de tiempos y descripción de las etapas. Casi para terminar, en el capítulo 4 son descritos los procedimientos y los cálculos que fueron realizados para lograr los objetivos propuestos, presentando los resultados obtenidos de cada uno de ellos. Por último, en el capítulo 5, se exponen las conclusiones a las cuales se pudieron llegar, así como las recomendaciones de la investigación.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

Con el desarrollo y expansión de las ciudades, cohabitan la planificación y proyección de los servicios necesarios para la vida humana cotidiana; de ahí surge la importancia de controlar y supervisar el crecimiento de los centros poblados. No obstante, en diversos lugares alrededor del mundo no se observan las medidas adecuadas para llevar a cabo ese control, y por ende, prolifera la construcción informal y anárquica, trayendo consigo consecuencias de trama urbana y una demanda de servicios públicos no acorde a la capacidad de estos.

Durante el periodo comprendido entre la década de 1960, hasta principios de 1980, se produce alrededor del mundo un importante aumento de la población, arrojando cifras que se mantuvieron por arriba del 200% anual, según datos oficiales del Banco Mundial. Éste incremento tuvo un impacto significativo en los países subdesarrollados, donde en mayor o menor medida, se hizo tangible la aparición de barrios conformados por viviendas de construcción improvisada, evidenciando un inadecuado manejo de las porciones de tierra por parte de los organismos encargados de esta actividad, y comprobando una deficiente planificación urbana y su carente anticipación a la expansión demográfica.

En este orden de ideas, el aumento poblacional que tuvo lugar en la época de la guerra fría, acompañado del tácito crecimiento territorial producto de ello, no hizo excepción en la república venezolana, puesto que, a lo largo y

ancho de sus ciudades, se observa la prueba del ínfimo control del desarrollo urbano protagonizado desde el siglo pasado hasta la actualidad, observándose la proliferación aparatosa de viviendas de condiciones precarias, que más tarde se consolidan como un sector informal no deseado

La situación descrita es cónsona con la realidad presente con un sector denominado El Granadillo, ubicado en el suroeste de Cantaura, capital del Municipio Pedro María Freites, Estado Anzoátegui. El apogeo de este barrio no fue planificado, y su evolución no ha sido deseada por los entes municipales, debido a que se emplaza sobre un lugar considerado de extremo riesgo de inundaciones, ya que atraviesa el curso de aguas del Rio Aragua, además de encontrarse sobre tierras con alto nivel freático. De igual modo, en el Sector El Granadillo predomina un relieve accidentado, erosionado por los cursos de agua, así como se prevé que el suelo está compuesto de arcillas expansivas según estudios de suelo adyacentes como el de la Universidad de Oriente. Igualmente, cabe destacar que el lugar donde yace el sector, ha sido declarado “área de protección”, según el Plan de Desarrollo Urbano Local (PDUL-2005).

En este orden de ideas, incidiendo aún más en el problema, conforme el sector El Granadillo fue creciendo, la demanda en los servicios públicos aumentaba, resaltando el abastecimiento de aguas blancas y la recolección de aguas servidas, sistemas que debido a las variables antes mencionadas, fueron mal planificados, así como ha prevalecido una escasa cobertura de ellos o la ausencia total en partes del sector, por lo cual se analizaron las condiciones de operatividad de los sistemas existentes, y las alternativas adoptadas en pro del beneficio colectivo, siendo éste el objeto de la investigación.

Por tal motivo, y debido a que en los órganos competentes no existe la información, en primera instancia, fue ejecutado un levantamiento

planialtimétrico y recolecta de información de las redes sanitarias existentes, mediante trabajos de medición en campo, empleando equipos de nivelación y de geoposicionamiento global (GPS), destacando el trazado y disposición de las tuberías, elementos de los sistemas, altimetría, diámetros, servidumbre, irregularidades, presiones, entre otras.

En segundo lugar, se ejecutó un análisis que determinó las condiciones operativas de los sistemas sanitarios existentes allí, con el fin de observar las posibles fallas, empleando criterios normados por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social (MSAS-1988), el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS-1975) y el extinto Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (MARNR-1999), y utilizando como herramientas de análisis los programas “*WaterCAD*” y “*SewerCAD*”.

Como tercer paso, se presentó el diseño de una propuesta viable para solventar los problemas que se encontraron, considerando la posible implantación de nuevas redes, y la mejora y optimización de las existentes. Por último, se dibujó la información gráfica del proyecto, mediante el programa AutoCAD, el cual permitió la elaboración de los planos de ingeniería, así como el diseño de las propuestas, con lo cual, se realizaron los cálculos métricos, análisis de precio unitario y presupuesto de obra, permitiendo conocer el costo asociado a la ejecución, para lo cual fue empleado el programa IP3 Control de Obras.

El propósito de la investigación se limitó a la evaluación de las redes de abastecimiento de agua potable y red de recolección de aguas servidas existentes en el Sector El Granadillo de Cantaura, dentro de la superficie que éste abarca, la cual, según información extraída de la Dirección de Catastro y Desarrollo Urbano, es de 50,87 Ha, tal como lo refleja el plano del Sector El Granadillo (2016), analizando las actuales condiciones de operatividad y

servidumbre, para luego presentar una propuesta viable para cada red sanitaria.

Cabe decir que no es la primera vez que ha sido elaborado un estudio alusivo a solucionar la problemática sanitaria expuesta, ya que, en el pasado, la alcaldía de Freites, a través de su personal, realizaron diversos análisis con la intención de implantar una red colectora de aguas servidas en el sector, obteniendo resultados no factibles económicamente debido a los factores antes mencionados en párrafos anteriores.

La originalidad del estudio va intrínseca al ideal de la transformación del espacio urbano, incidiendo en las condiciones sanitarias existentes, representando un desafío que infiere en múltiples disciplinas, pasando por la planificación urbana, el diseño de los sistemas de alcantarillado, y el impacto medioambiental. La temática que se abordó en el presente estudio posee un gran atractivo e innovación, principalmente, por analizar las causas que originan el problema con el fin de ser atacadas y corregidas de la manera más oportuna y factible posible, siendo una valiosa investigación en el ámbito civil, entregando bases sólidas a futuras investigaciones, y resaltando el nombre de la Universidad de Oriente en el oriente de Venezuela.

La importancia de este estudio radicó en el valioso aporte para la población de Cantaura, y en especial para el sector El Granadillo, debido a que su implantación solventaría los problemas sanitarios existentes, al tiempo que se representa una importante data para un adecuado ordenamiento de esa zona. Del mismo modo, trae consigo importantes innovaciones al emplear herramientas de cálculo avanzadas como los programas mencionados anteriormente.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar los sistemas de abastecimiento de agua potable y sistema de recolección de aguas servidas del Sector El Granadillo, en Cantaura, Edo. Anzoátegui

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar el levantamiento planialtimétrico de las redes sanitarias existentes en el Sector El Granadillo.
- Determinar las condiciones existentes en la red de abastecimiento de agua potable y red de recolección de aguas servidas del Sector El Granadillo, usando las normas MSAS-1988, INOS-1975 y MARNR-1999, y los programas de análisis hidráulico “*WaterCAD*” y “*SewerCAD*”.
- Elaborar un nuevo diseño para la red de abastecimiento de agua potable y la red de recolección de aguas servidas, considerando las normas INOS-1975, MSAS-1988 y MARNR-1999.
- Diseñar los planos de ingeniería empleando el programa AutoCAD.
- Presentar los análisis de precio unitario y el presupuesto de obra, empleando el programa IP3 Control de Obras.

1.3. Descripción del área en estudio

1.3.1. Evolución histórica

El nacimiento del Sector El Granadillo, de la ciudad de Cantaura, comienza a partir del desarrollo de actividades comerciales en la nueva entrada a la población, a finales de la década de 1980, con la ocupación de tierras adyacentes a la Carretera Nacional Barcelona - El Tigre.

Desde la fundación de Nuestra Señora de la Candelaria de Chamariapa (primer nombre de la ciudad) en el año 1740, prevaleció un desarrollo en forma de cuadrícula, con una expansión territorial caracterizada por un crecimiento en sentido este-oeste, principalmente debido a las características del relieve propias de la meseta. Esta condición insidió en la ubicación de la primera carretera que permitía la entrada al pueblo, ubicada en el noreste de la localidad, tramo que actualmente lleva por nombre Avenida Juan Pablo II, cuya dirección conecta con diversos caseríos, hasta llegar al pueblo de Santa Rosa de Ocopi, al norte de la localidad.

Posteriormente, para finales de la década de 1930, se da en Cantaura un importante desarrollo de obras civiles, gracias a la terminación de la Carretera Nacional Barcelona - El Tigre (actual carretera vieja), la cual fue terminada en el año 1939, dando lugar a una nueva entrada para la población de Cantaura, esta vez en el oeste del casco urbano. Esta nueva entrada conecta de forma continua con la Avenida Bolívar, vía que se consolidó como el corredor vial más importante de la pequeña urbe a mediados de la década de 1950. Estas condiciones dieron lugar al desarrollo de diversas actividades comerciales en las inmediaciones de la nueva entrada al pueblo, con el fin de prestar servicio al usuario automotriz cotidiano, por lo que con el transcurrir del tiempo, se instalaron en sus adyacencias algunas microempresas como caucheras, panadería, sitios de comida rápida, hoteles y restaurantes, atrayendo consigo nuevos residentes, por lo que de manera paulatina, cerca

del año 1979, se fueron construyendo los primeros grupos de viviendas en las inmediaciones de la vía, dando origen a lo que actualmente se conoce como la entrada del sector El Granadillo, la cual reposa sobre una colina poco pronunciada. En ese sitio, existía una escuela de tipo R4, en la cual se impartían clases de nivel básico a los niños de las poblaciones ubicadas al suroeste de Cantaura.

Se pudo determinar que, en sus inicios, el grupo de viviendas que conformaban el sector, se limitaban a no crecer hacia la zona de la ribera del Río Aragua, debido a que la misma era propensa a inundarse por completo durante la época de lluvias. Posteriormente, producto de la ocupación informal de tierras aguas arriba y la densificación de esas zonas, son afectados muchos de los cauces que aportaban aguas al río, por lo que se dio inicio a una progresiva disminución del gradiente, que con el tiempo secó la vega, y convirtió al Río Aragua en un cuerpo de agua con poco caudal, dando las condiciones para la expansión de viviendas en el Sector El Granadillo, hacia el oeste del mismo, acercándose hacia el cauce principal del río. Todo ello, sumado al detrimento en el control de la planificación urbana, dio origen a lo que actualmente se conoce como Barrio El Granadillo, o Sector El Granadillo.

1.3.2. Ubicación geográfica

El Sector El Granadillo de Cantaura, objeto de este estudio, se emplaza en tierras ubicadas en el oeste de la localidad, en la zona del valle del Río Aragua, una de las cuencas más importantes a nivel local. Su epicentro se encuentra ubicado a escasos metros de la escuela Unidad Educativa Granadillo en el punto geográfico de latitud 9°18'7,83" N y longitud 64°22'45,79" W. La extensión total del sector se encuentra dentro de los límites de la poligonal urbana creada en el 2004, y por dentro de los ejidos municipales legalizados en el año 1992, tal como se puede apreciar en la figura 1.

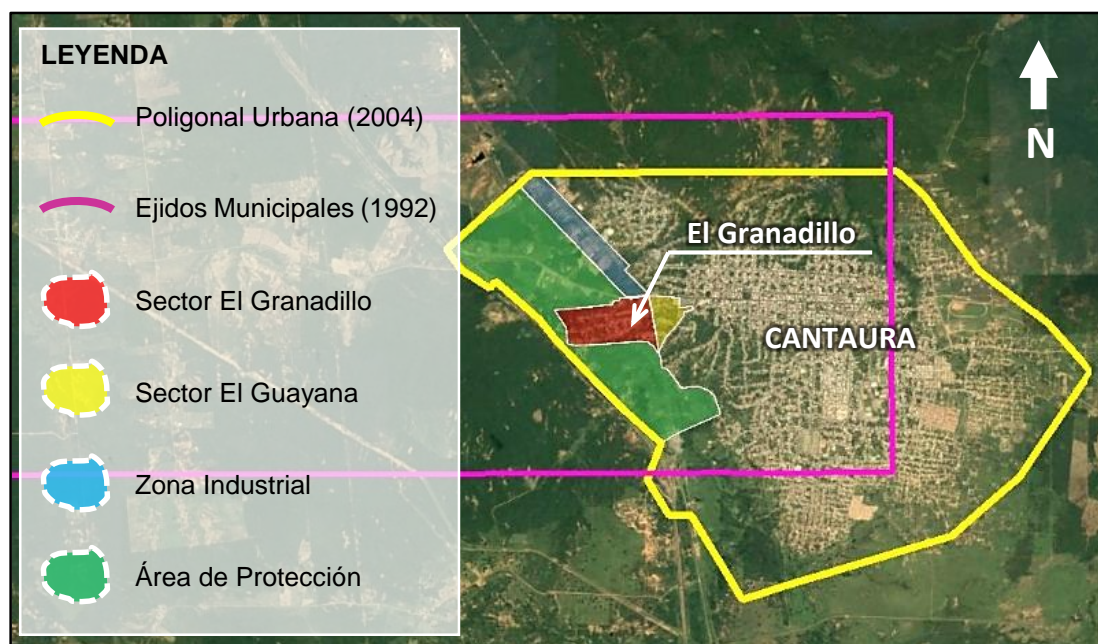


Figura 1. Ubicación geográfica del sector El Granadillo

Fuente: autor (2023)

Cabe destacar que gran parte del área donde se encuentra el mencionado sector, se ubica en un lugar no habitable, denominado “zona verde de protección”, según se aprecia en el plano sectorizado de la ciudad de Cantaura (2008), perteneciente a la Dirección de Catastro y Desarrollo Urbano, de la Alcaldía del Municipio Pedro María Freites. La razón del decreto se encuentra expuesta en el numeral 1.3.5, en este mismo capítulo.

1.3.2.1. Coordenadas del Sector El Granadillo

La línea perimetral que describe los límites del Sector El Granadillo, fue elaborada con el fin de delimitar el crecimiento del sector, de modo que no ocupe más tierras que de las que no debe. La magnitud de su desplazamiento geográfico, se muestra en la tabla 1 a continuación, cuyos valores se expresan con proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (UTM), y datum

horizontal SIRGAS-REGVEN (Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas - Red Geocéntrica Venezolana)

Tabla 1. Coordenadas del sector El Granadillo

VÉRTICE	NORTE	ESTE
1	1.029.040,050	347.953,600
2	1.028.842,430	348.092,050
3	1.028.647,280	348.111,830
4	1.028.663,550	349.065,660
5	1.028.616,700	349.128,370
6	1.028.546,150	349.165,690
7	1.028.550,260	349.191,610
8	1.029.211,610	349.072,780
9	1.029.178,010	349.841,170
10	1.029.182,120	348.729,960
11	1.029.148,430	348.723,850
12	1.029.134,790	348.645,520
13	1.029.101,870	348.645,520

Fuente: Plano del Sector El Granadillo (en digital)

Dirección de Catastro y Desarrollo Urbano de la Alcaldía de Freites (2016)

La poligonal que describe el perímetro del Sector El Granadillo se encuentra estructurada por 13 vértices, así como se muestra en la figura 2 a continuación.

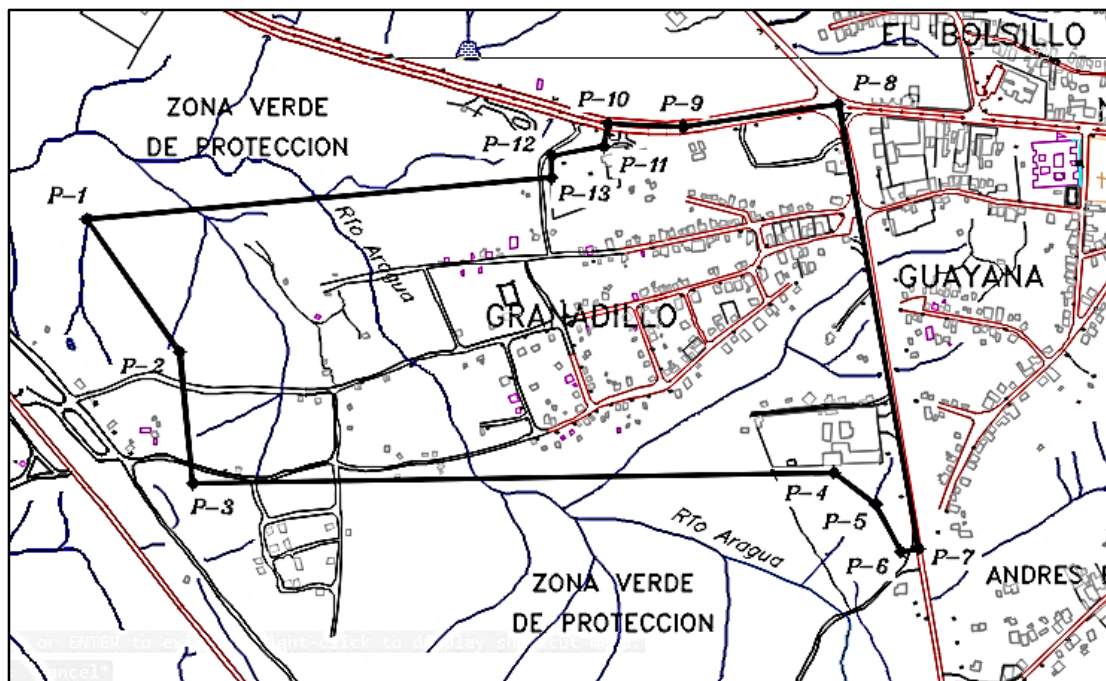


Figura 2. Poligonal del Sector El Granadillo
Fuente: Plano del Sector El Granadillo (en digital)
Dirección de Catastro y Desarrollo Urbano de la Alcaldía del Municipio Freites (2016)

1.3.2.2. Colindantes

A continuación, se describen los puntos cardinales del sector El Granadillo, extraídos del “Plano del Sector El Granadillo”, elaborado por la Dirección de Urbanismo de la Alcaldía de Freites en el año 2016. Los límites del sector son:

- Norte: se encuentra una parte de la zona verde de protección, donde a su vez se ubica un tramo del cauce del Río Aragua. Más al noroeste, la sede de la Estación de Bomberos, el Terminal de Pasajeros Pedro María Freites, y la Universidad de Oriente. Hacia el noreste, el área sur de la zona industrial de Cantaura, y parte de la prolongación oeste de la Avenida Bolívar.

- Sur: limita en toda su extensión con la zona verde de protección y parte del cauce del Río Aragua.
- Este: en este punto se ubica un tramo de la Carretera Vieja Barcelona - El Tigre; y cruzando la carretera, se encuentra el Sector El Guayana.
- Oeste: finalmente, en el oeste se encuentra una franja de la zona verde de protección, y a pocos metros, la Carretera Nacional Barcelona - El Tigre (Troncal 16)

1.3.3. Ambiente y medio físico natural

1.3.3.1. Relieve

El lugar donde se ubica el Sector El Granadillo presenta dos tipos de paisajes, los cuales son:

- Paisaje de altiplanicie
- Paisaje de valle

El paisaje de altiplanicie es el dominante, distinguiéndose en él dos tipos de relieve:

- Relieve de mesa conservada.
- Relieve de lomas y colinas (mesas ligeramente disectadas y mesas fuertemente disectadas).

El relieve predominante es el de mesa disectada, con diversos grados de disección, dependiendo principalmente de la acción del agua en interacción con el tipo de material litológico. Dentro del paisaje de altiplanicie existen medios deposicionales que se corresponden con el valle del Río Aragua (Trapichito), el cual es un valle longitudinal, alargado y estrecho, orientado de sureste a noroeste, de trazado bastante rectilíneo. Este tipo de valle es endógeno, es decir, nacido en las mesas, principalmente en sectores de colinas que han permitido la concentración del escurrimiento superficial. Estos

valles reciben aportes laterales de las mesas, lomas y colinas por donde discurren.

El área en general presenta un relieve de poca elevación, con alturas que oscilan desde los 230 m.s.n.m hacia el este del sector, hasta los 205.00 m.s.n.m hacia el oeste. De este modo, el desnivel encontrado entre el punto de mayor altitud, y el sitio con mayor depresión, es de 25 metros, Las pendientes en su mayoría son suaves, predominando rangos entre 0% a 10%.

1.3.3.2. Geología

El área de Cantaura, en general, está constituida por una capa arenosa superior, intercaladas con gravas de grano grueso y arcillas limosas, y subyacente a esta, se encuentra una capa arcillosa en toda su extensión. Debido a la ubicación geográfica del lugar donde se emplaza el Sector El Granadillo, la capa arcillosa ha aflorado por acción de la intensa erosión producida por el discurrir de las aguas, desplazando el material arenoso y exponiendo las arcillas expansivas, por lo que predomina un suelo conformado, en su inmensa mayoría, por arcillas expansivas, intercalando en algunas áreas, una despreciable capa de arena en la superficie, teniendo mayor presencia de arena en dirección noreste.

Sísmicamente, el área de Cantaura se sitúa dentro de la zona 4, según el Mapa de Zonificación Sísmica con Fines de Ingeniería (1998), de la norma venezolana COVENIN-MINDUR 1756-98, Edificaciones Sismorresistentes, por lo que el riesgo de movimientos telúricos es de medio a moderado, destacando que en la localidad se han sentido diversos temblores, destacando el ocurrido el pasado 21 de agosto del 2018, con una magnitud registrada de 7,3 en la escala de Richter, con epicentro cerca a la población de Yaguaraparo, Estado Sucre.

1.3.3.3. Clima

Las condiciones climáticas propias del Sector El Granadillo, muestran un patrón que se define como un clima tropical de sabana (Aw), de acuerdo a la clasificación de Koeppen, destacando que las temperaturas son muy estables y se presenta un régimen isotérmico, con una variación media mensual inferior a los 5 °C.

El promedio de precipitación anual es de 785,2 mm, según los datos obtenidos por la estación climatológica Cantaura, de latitud 09°18'35" N, longitud 64°21'52" W, y altitud 250 m.s.n.m, registrada con el serial AN02767AP1, perteneciente al extinto Ministerio del Ambiente, ahora denominado Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo y Aguas (MINEA). Así mismo, predominan dos condiciones meteorológicas bien definidas, las cuales son, esencialmente, una estación seca entre noviembre y mayo, y una lluviosa que comienza en el mes de junio, prolongándose hasta el mes de octubre. La temperatura media anual es de 25,58 °C, con una máxima y mínima media anual de 32,5 °C y 18,7 °C respectivamente. Igualmente, se prevé que los cambios climáticos durante el año son consecuencia del régimen de lluvias local.

En un registro realizado por el entonces llamado Ministerio del Ambiente durante 50 años (desde 1944 a 1994), se pudo observar un promedio anual de precipitación de 785,2 mm, con amplias variaciones que van desde los 439,3 mm registrados en el año 1987, a los 1133,4 mm leídos en 1970, es decir, casi 700 mm de diferencia entre un año lluvioso y un año que podría definirse como semiárido o seco, observándose 4 años con estas condiciones y 9 años con precipitaciones entre 500 mm y 700 mm.

La estación lluviosa concentra del 70% al 80% de las precipitaciones con un solo máximo en el mes de agosto y ocurre en el verano astronómico. La estación de sequía ocurre en el invierno astronómico y tiene a los meses

de febrero y marzo como los más secos. Como puede observarse, las mayores variaciones se encuentran en el parámetro precipitación. A esto habría que agregar que el valor promedio anual de precipitación de 785,2 mm es relativamente escaso si se considera que la evaporación triplica a la precipitación con un valor promedio anual de 2377,1 mm.

La intensidad de las precipitaciones en la zona, y el resto de condiciones climáticas, son un factor que debe ser tomado en cuenta en la adecuación y proyección de las redes de aguas servidas en el sector El Granadillo, siendo un factor no deseado de aporte al sistema, puesto que aumenta de forma exponencial los caudales en tránsito.

1.3.3.4. Hidrografía y drenaje superficial

En líneas generales, el Sector El Granadillo sienta sus bases sobre una zona bastante saturada de aguas subterráneas y cauces de escorrentía, que forman parte de la cuenca más importante a nivel local, denominada cuenca del Río Aragua, río cuyo cauce recorre de sureste a noroeste la región, atravesando la zona en estudio por el medio.

En efecto, predomina un alto nivel freático en la mayor parte de la extensión del sector, encontrando el nivel de agua entre los 2 y los 3 metros de profundidad. Así mismo, el patrón de drenaje predominante en la zona es dendrítico, la densidad de drenaje es variable y existe predominio de suelos arcillosos y en menor medida arenosos. Los cursos de agua presentes en el lugar provocaron un proceso consistente en un fuerte entallamiento del terreno, que dieron origen a una serie de lomas alargadas y una moderada erosión en las laderas resultantes, con subsectores de fuerte erosión laminar y concentrada en surcos y cárcavas hacia el occidente.

De igual modo, el escurrimiento natural de los cuerpos de agua de la zona, no tienen la competencia suficiente para formar verdaderos escapes de mesa, debido a que se trata de cursos de agua nacidos relativamente cercanos en las adyacencias del sector, y en las cercanías de la ciudad de Cantaura, presentando un gradiente muy bajo, por lo que no poseen el recorrido suficiente que les otorgue una mayor competencia a sus aguas.

Los entallamientos resultado de la erosión de la esorrentía superficial, dieron origen al relieve suavemente ondulado de la zona. Así mismo, el comportamiento hidrológico de los cursos de agua está influenciado por el régimen de precipitaciones del área, de régimen intermitente, activándose en la época de lluvia, la cual se concentra en los meses de julio a octubre.

El Rio Aragua, curso de agua con importancia regional, presenta un recorrido de sureste a noroeste, teniendo como punto de partida diferentes quebradas y pequeñas vertientes de agua al sur de la población de Cantaura, siendo su nacimiento en las coordenadas 1.020.900 N y 346.620 E, de proyección UTM, Datum La Canoa, de acuerdo a su ficha técnica, la cual reposa en el Ministerio del Ambiente, su gradiente es bajo en este punto, obteniendo relevancia a medida que confluyen en él más arroyos provenientes de las montañas y laderas ubicadas al este, para posteriormente atravesar el Sector El Granadillo, punto donde es conducido en un canal revestido de concreto armado por alrededor de 370 metros, para luego seguir su recorrido en sentido oeste, atravesando los municipios Freites, Anaco, Santa Ana, y finalmente Aragua, donde tiene su desembocadura en las coordenadas 1.046.800 N y 288.000 E (proyección UTM, Datum La Canoa), en el Río Guere, afluente directo del Río Unare, el cual desemboca en el Mar Caribe.

Las quebradas de las microcuencas que drenan hacia el Rio Aragua son de régimen intermitente, con patrones de drenaje dendrítico y subparalelo, con algunos sectores de drenaje angular, la densidad de drenaje es de media

a alta, y presenta direcciones variables, sureste-noroeste; este-oeste; noreste-suroeste, dependiendo del punto de las zonas altas en donde nacen.

La naturaleza arenosa de los suelos, le confieren al área poca resistencia a los procesos erosivos, lo que ha originado en los sectores de mayores desniveles con respecto al nivel base del río, una mayor erosión. Esta erosión ha arrasado el material arenoso, aflorando el arcilloso subyacente, que, por su baja permeabilidad, ha provocado un mayor escurrimiento superficial que ha ido entallando el terreno, dando origen a una serie de lomas alargadas en el mismo sentido del escurrimiento con laderas de mayor pendiente que la generalizada en toda el área.

Cabe mencionar algunos problemas de inundaciones que pudieran presentarse en la zona del proyecto, siendo el más relevante, un desborde de aguas del Rio Aragua, principalmente debido a las características de su cauce. Este rio ha formado una vega amplia y llana y una angosta planicie que pudiera recibir los efectos de un posible desborde en momentos de intensas precipitaciones, las cuales activarían el rio de manera intensa e inmediata, sin tener éste posibilidad de contener el caudal por la poca profundidad de su cauce, ni escurrir rápidamente sus aguas por la poca pendiente que presenta aguas abajo. Esta situación elevaría el nivel de aguas en hasta 3 metros, inundando gran parte del Sector El Granadillo, repercutiendo en cuantiosas pérdidas materiales y humanas, afectando a muchas familias residentes allí.

1.3.4. Estructura y desarrollo urbano

Dentro del Sector El Granadillo se encuentran diversas obras ejecutadas conforme la zona creció. Hasta la actualidad, estos proyectos tienen un impacto positivo en la comunidad residente del lugar, y su relevancia es de carácter local. Entre los proyectos más significativos se encuentran:

- Unidad Educativa Granadillo (público)
- Centro de Educación Inicial Granadillo (público)
- Módulo de Salud (público)
- Canal revestido de concreto en el cauce del Rio Aragua

Estas obras han sido ejecutadas por la municipalidad, siendo en su totalidad de carácter público, encontrándose muy cerca del centro del sector. El entorno urbano observable en el área, se enmarca en una trama urbana no planificada, poco ordenada, con limitantes de crecimiento debido a factores mencionados en numerales anteriores, presentando una distribución que obedece a los cursos de aguas superficiales presentes en el lugar, acomodando la mayoría de viviendas, en las adyacencias de las dos vías principales del sector. La cantidad de viviendas en el lugar, hasta la fecha, es de 426 unidades aproximadamente, en su mayoría del tipo unifamiliar.

1.3.5. Zonificación y variables urbanas

Según lo señalado en el Artículo 13, del Capítulo III: Zonas de Regulación Urbana, de la Ordenanza sobre Zonificación de la ciudad de Cantaura (2005), publicada en Gaceta Municipal, Edición Extraordinaria N°46, de la misma fecha, se establece que la localidad se encuentra dividida en once (11) áreas de regulación urbana, de lo que se determinó, en base al plano IV.1, poligonal y sectorización propuesta, del Plan de Desarrollo Urbano Local del mencionado suburbio (2004), que las tierras donde se emplaza el Sector El Granadillo, se caracterizan por ubicarse en tres zonas. Estas zonas han sido nombradas, en primer lugar, “Zona de Centros de Servicios Regionales” (ZCSR), descrita en el Capítulo XII, Artículos 42, 43 y 44, donde se decreta que:

Artículo 42: “La Zona de Centros de Servicios Regionales (ZCSR) se destinan a usos y equipamientos que sirvan tanto a la ciudad de Cantaura como a otras ciudades y centros poblados de la región. De acuerdo a lo previsto en el Plan, requieren de la dotación de equipamientos urbanos y mejoras en la accesibilidad.”

Así mismo, en el artículo 43, claramente se muestran las variables urbanas fundamentales a las que se deben limitar las edificaciones de la zona, mostradas en la tabla 2 a continuación. Estas zonas serán objeto de un plan especial, el cual definirá actuaciones específicas y un diseño de conjunto para el centro de servicios regionales, según lo estipulado en el artículo 44 de la ordenanza.

Tabla 2. Variables urbanas fundamentales (ZCSR)

Zona de Centros de Servicios Regionales		
Usos permitidos	Industria no contaminante	
	Servicios industriales	
	Equipamientos metropolitanos y de escala regional	
	Comercios metropolitanos	
	Vivienda multifamiliar	
	Hoteles	
	Estaciones de servicio	
	Usos complementarios	
	Parcela mínima	720 m ²
	% de construcción	120 %
% de ubicación bruta	30 %	
Retiro de frente (alineamiento fijo)	0 m	
Retiro lateral	0 m	
Retiro de fondo	9 m	
Altura máxima	12 m	

Fuente: Ordenanza Municipal sobre zonificación de Cantaura (2005)

En segundo lugar, las “Zonas de Áreas de Protección y Parques Urbanos” (ZAP-PU), quedan enmarcadas por lo decretado en el Capítulo VII, artículos 23 al 26, donde se establece que son lugares, que, debido a su topografía, y otras características naturales, han sido reservadas para actividades de recreación. Según el artículo 24, en estas áreas se permitirá la construcción de los equipamientos propios de lugares recreacionales, tales como mobiliario urbano, parques infantiles, así como actividades comerciales y de hospedaje de baja intensidad (posadas) complementarias a la actividad recreacional.

Más adelante, en los artículos 25 y 26, se establece que, para la construcción o aprovechamiento de los suelos pertenecientes a estas zonas, se deberá someter ante las autoridades municipales competentes, un proyecto, el cual deberá ser compatible con la propuesta del Plan para estas zonas.

Por último, lo que refiere a las “Zonas con Restricciones de Desarrollo” (ZRD), se establece en el Capítulo V, desde el artículo 17 al 19, que estas áreas son aquellas zonas periféricas o de ensanche, aledañas al Casco Central. La mayor parte de ellas se han desarrollado durante las últimas cuatro décadas, de manera informal en sitios que, por sus características topográficas, de drenajes, o composición de los suelos, presentan restricciones al desarrollo.

De igual modo, se dice en el artículo 18, que en esas zonas se prevé la elaboración futura de planes especiales, destinados a establecer una microzonificación de riesgo y las actuaciones puntuales para la consolidación de áreas seguras o con menores restricciones al desarrollo urbanístico.

En el artículo 19, se señalan las variables urbanas fundamentales para esa zona, plasmadas a continuación en la tabla 3.

Tabla 3. Variables urbanas fundamentales (ZRD)

Zona con Restricciones al Desarrollo	
Densidad neta máxima	120 hab/ha
Parcela mínima	360 m ²
% de construcción	40 %
% de ubicación bruta	20 %
Retiro de frente (alineamiento fijo)	3 m
Retiro lateral	0 m
Retiro de fondo	15 m
Altura máxima	6 m

Fuente: Ordenanza Municipal sobre zonificación de la ciudad de Cantaura (2005)

1.3.6. Población

Según el último censo realizado en el sector El Granadillo, con fecha del 20 de octubre del año 2022, en la zona existe una población de 1482 habitantes, dividida en 872 mujeres y 610 hombres, para una cantidad de 395 familias, repartidas en 310 casas, cifras que dan como resultado una densidad de 29.13 hab/ha.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

León y Colab. (2017), llevaron a cabo un proyecto de grado que consistió en el diseño de una red de alcantarillado sanitario y su posterior tratamiento, en el casco urbano del Municipio de Turín, Departamento de Ahuachapán, El Salvador. Básicamente, las viviendas de la zona descargaban los residuos en fosas sépticas y otras hacia las calles y lechos de agua cercanos, contaminando el ambiente a su alrededor.

Para llevar a término la investigación, los autores se basaron en estudios previos y en la descripción de la zona en estudio, para realizar el trazado de la red, cálculos, alternativas y propuestas de diseño, exponiendo las especificaciones técnicas, normas, y el diseño de una planta de tratamiento para el Municipio. Su investigación estuvo enmarcada en los lineamientos de investigación de campo, con nivel descriptivo. Esta investigación representa un valioso aporte para el proyecto de evaluación de las redes sanitarias en el Sector El Granadillo, puesto que se exponen situaciones similares a las esperadas, así como sirve de sustento en la implementación de metodologías y consideraciones relevantes para las alternativas que deben plantearse.

De igual modo, Rodríguez (2016), realizó una tesis de grado orientada al cálculo y el diseño de los sistemas de distribución de aguas blancas, y sistema de recolección de aguas negras, del futuro complejo habitacional Paseo Aurora, en Cantaura, Municipio Freites, Estado Anzoátegui. El autor

siguió los lineamientos de investigación de campo, empleó la observación directa y las entrevistas no estructuradas como técnicas de investigación, así como múltiples procedimientos y consideraciones que aportarán una valiosa ayuda en el desarrollo del estudio a llevar a cabo en el sector El Granadillo, en particular, en la ejecución de los lineamientos del levantamiento planialtimétrico, el análisis hidráulico con los programas “*WaterCAD*” y “*SewerCAD*”, y consideraciones metodológicas descritas en las normas, como las gacetas N° 5318-99 y N° 4103-89 del MARNR y MSAS, respectivamente.

Por su parte, Pérez (2013), quien emprendió un trabajo documental acerca de las problemáticas presentes en ese momento, en los servicios sanitarios de la ciudad de San Fernando de Apure, Estado Apure, detalló las irregularidades en las redes de aguas blancas, aguas negras, y aguas pluviales de la localidad. Según la autora, el abastecimiento de agua potable se encontraba contaminado por las vertientes de las aguas negras de la localidad, resaltando la antigüedad de los sistemas y la ausencia del mantenimiento como principales causas de la ineficiencia en las redes.

La investigación de Pérez, consistió en realizar observaciones de campo, destacando la modalidad de investigación descriptiva, empleando entrevistas en las organizaciones competentes, así como cálculos inherentes a la hidráulica para determinar las capacidades de los sistemas. Cabe decir que su trabajo aportará importantes argumentos, destacando los procedimientos empleados en el diagnóstico y evaluación, así como los esquemas establecidos para llegar a la discretización de los problemas.

Del mismo modo, León (2013), realizó un proyecto de grado que ameritaba diseñar los sistemas de aguas blancas y aguas negras, de la comunidad de El Huequito, Turgua, sector Monterola, Municipio El Hatillo, en el estado Miranda. La autora menciona que existían deficiencias para la captación del agua blanca, así como la ausencia de un sistema de recolección

de aguas negras, por lo cual, mediante entrevistas en la zona del proyecto y visitas de campo, logró obtener la data necesaria para llevar a cabo el trazado del sistema y su diseño hidráulico.

El estudio llevado a cabo en la comunidad de El Huequito, aportará al presente proyecto una gran base de procedimientos, metodologías, cálculos hidráulicos en los sistemas de abastecimiento de agua, y un buen compendio bibliográfico de vital ayuda en la síntesis que se pretende abordar en este proyecto.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Topografía

La topografía es una disciplina de vital importancia en todos los procesos relacionados con la ingeniería, tanto es así, que se trata de una asignatura común en profesiones de dicha índole y afines, a causa de la demanda, que la gran mayoría de proyectos o estudios requieren, de al menos un modelo o representación del terreno sobre el cual se plasmaran las ideas o la ejecución de una construcción; por lo cual, posteriormente, será también la topografía, una excelente aliada para materializar todo aquello que se haya proyectado.

Franco (1999), dice que la topografía se define, de manera tradicional, como “el conjunto de métodos e instrumentos necesarios para representar el terreno con todos sus detalles naturales o artificiales” (pág. 25), sin embargo lo que el autor menciona, queda algo parcializado, debido principalmente, al vertiginoso desarrollo de las tecnologías y ciencias que complementan el campo de aplicación de la topografía, como por ejemplo, la fotogrametría y los modernos equipos que junto a la gran capacidad de programas de cálculo, así como la revolución del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), han dado

una nueva visión y sentido a la percepción del trabajo topográfico, ampliando el área abarcada antes por la topografía.

2.2.2. Levantamiento topográfico

Un levantamiento topográfico es el conjunto de operaciones necesarias para obtener la representación de un determinado terreno. Así mismo, Hidalgo (2002), define un levantamiento topografico como: “la determinación de los rasgos naturales de un terreno, donde se analizan puntos de interés para el proyecto o necesidad requerida” (pág. 16).

Un levantamiento topografico puede dividirse en dos partes, una encargada de obtener la proyección horizontal, denominada planimetria, y una segunda encargada de obtener las alturas de los puntos antes levantados, denominada altimetria. No obstante, con el empleo de los nuevos equipos electronicos, el trabajo se realiza en un solo proceso, facilitando y acortando el tiempo en gran manera que antes abordaria realizar un levantamiento.

2.2.2.1. Levantamiento topográfico para proyectos de alcantarillado

Los trabajos de topografía o nivelación de un terreno son procedimientos que resultan indispensables al momento de evaluar una red de aguas servidas o cualquier sistema de drenaje pluvial.

Para Rivas (1983), las orientaciones definidas en un levantamiento topográfico, así como las alturas de las estaciones y puntos importantes, destinados a proyectos de redes de alcantarillado de aguas servidas y pluviales, resultan muy significativos para el diseño de estos sistemas, ya que el comportamiento hidráulico de sus redes depende esencialmente del comportamiento de la superficie del terreno en el área de la obra.

De tal modo, para proyectos de alcantarillado, el levantamiento topográfico es uno de los primeros trabajos que deben ejecutarse a fin de proyectar con éxito la red de tuberías. Estos levantamientos para proyectos de alcantarillado deben cumplir con las tolerancias para poligonales y nivelaciones cerradas establecidas en el capítulo II, numeral 7, de las Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillado del INOS (1975).

2.2.2.2. Tolerancia

Según Hernández (2012), “La tolerancia en un levantamiento topográfico, es el error máximo positivo o negativo que se está dispuesto a aceptar y que, por lo tanto, sirve como criterio de decisión”. Si este error no se rebasa, se considera que el trabajo cumple con la precisión buscada y por lo tanto se acepta, por el contrario, si esto no ocurre, el trabajo en principio debe rechazarse.

Todas las poligonales y nivelaciones para proyectos de alcantarillados deberán ser cerradas, y los cierres deben cumplir con las tolerancias señaladas a continuación:

- El error angular admisible (en minutos) debe ser igual o menor a $1,50\sqrt{n}$, siendo n el número de ángulos de la poligonal
- El error lineal admisible (en metros) debe ser menor o igual a $0,05\sqrt{L}$, siendo L la longitud total de todos los lados de la poligonal
- En la nivelación topográfica, el error admisible (en milímetros), no será mayor a $12\sqrt{L}$, siendo L la longitud nivelada en Km,
- En la nivelación de los puntos de detalle, se admitirá un error máximo de 0,10 metros, pudiendo efectuarse taquimétricamente.

2.2.2.3. Equipos utilizados en una nivelación topográfica.

De manera tradicional, las herramientas y equipos empleados en una nivelación topográfica son los siguientes:

- **Trípodes**

Son instrumentos elaborados generalmente en aluminio, que permiten manejar cómodamente el equipo que desea usarse, de modo que la altura del anteojo sobre el suelo, se encuentre aproximadamente a 1.50 m. Los trípodes están formados por 3 pies o patas, con un soporte en la parte posterior, que logra sostener fijamente el aparato que se instale sobre él.

- **Plomadas**

Este instrumento es comúnmente elaborado en plomo, de lo que deriva su nombre. No obstante, puede ser elaborado en cualquier otro material pesado. Su función es definir la alineación vertical del dispositivo, por lo que pende del centro de los aparatos topográficos, entre los soportes del trípode, y deberá situarse de modo que la vertical del hilo de la plomada pase por el punto señalado en el suelo.

- **Mira topográfica**

Consiste en una regla graduada de 3 o 4 metros de altura que permite leer los desniveles del terreno. Se encuentran divididas en secciones de 1 metro para poder transportarlas cómodamente, y en general, son elaboradas en madera, plástico o metal ligero, y generalmente se pintan de colores que contrastan entre sí, con el objeto de una cómoda y precisa lectura en condiciones de gran distancia o poca iluminación.

- **Niveles**

Son instrumentos de medición, ampliamente empleados en la topografía o la agrimensura, los cuales poseen un lente especial, a través del

cual se leen las medidas del desnivel que existe entre dos puntos, por medio de un visual horizontal.

- Libretas

Son una herramienta de trabajo rudimentaria y practica que permite el buen orden y claridad de las anotaciones, a fin de llevar un registro de cada punto levantado por separado.

- Cinta Métrica

Es un instrumento imprescindible para realizar mediciones rápidas entre dos o más puntos. Son elaboradas en materiales plásticos y metálicos y vienen en diferentes tamaños, unidades de medida y apreciaciones.

2.2.3. Poligonales

La poligonación es uno de los procedimientos topograficos más comunes. Las poligonales se usan generalmente para establecer puntos de control y puntos de apoyo para el levantamiento de detalle y elaboración de planos, para el replanteo de proyectos y para el control de ejecución de obras. Según Lopez (1999), “una poligonal es una sucesion de líneas quebradas, conectadas entre si en los vertices” (pág 41).

El trazado de una poligonal es la operación de establecer las estaciones de la misma y hacer las mediciones necesarias, es uno de los procedimientos fundamentales y más utilizados en la práctica para determinar las posiciones relativas de puntos en el terreno, de este modo, las cotas en una poligonal pueden determinarse, a través de una nivelación trigonométrica, con las lecturas de mira y ángulos verticales leídos en el teodolito para cada estación.

2.2.3.1. Poligonal abierta

Las poligonales abiertas se usan en los levantamientos para vías terrestres, en general, deben evitarse porque no ofrecen medio alguno de verificación por errores. Para Lopez la poligonal abierta “está compuesta por una serie de líneas unidas, las cuales no regresan al punto de partida, ni cierran en un punto con igual o mayor orden de exactitud” (pág 41). Pueden empezar y terminar en alineaciones ya existentes, cuya dirección y situación son conocidas.

2.2.3.2. Poligonal cerrada

Estas permiten la comprobación de los ángulos y de las distancias medidas, consideración que es de extrema importancia si se emplean extensamente en levantamientos de control, de propiedades y de configuración para construcción. Al respecto, Lopez, la define como: “aquella que parte de un punto de coordenadas conocidas y regresa al mismo punto” (*idem*).

En una poligonal cerrada se puede apreciar lo siguiente:

- Las líneas regresan al punto de partida formando así un polígono (geométrica y analíticamente) cerrado.
- Terminan en otra estación que tiene una exactitud de posición igual o mayor que la del punto de partida.

2.2.4. Nivelación

Según Alcántara (2014), “es un método que se utiliza para definir las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la superficie terrestre, proyectadas sobre el plano vertical y que sirve para determinar diferencias de elevación entre puntos de la tierra” (pág. 23).

2.2.4.1. Nivelación directa, topográfica o geométrica

Es el sistema mas empleado en trabajos de ingeniería, pues permite conocer rápidamente diferencias de nivel por medio de lectura directa de distancias verticales. Para Alcantara este tipo de nivelación permite: “determinar directamente las elevaciones o alturas de diversos puntos, midiendo las distancias verticales con referencia a una superficie de nivel cuya altura se conoce, y de esta manera poder determinar la elevación o cota de dichos puntos.” (pág. 24).

Para este tipo de nivelación los métodos que se utilizan son:

- a) Nivelación simple, es aquella en la cual, desde una misma estación o puestas de aparato, se denominan los desniveles y las cotas de uno o varios puntos ya sea alineados o dispersos. Puede hacerse por el método del punto medio ó, por el de punto extremo.
 - Método del punto medio: es el más recomendable y ha de usarse siempre que sea posible, por eliminar todos los errores sistemáticos del nivel. La representación de este se aprecia en la figura 2, y consiste en estacionar un nivel justo a la mitad de 2 puntos cuyo desnivel se pretende hallar, la diferencia de las lecturas de mira entregará el desnivel. La nivelación es mas precisa a distancias cortas y por eso suele limitarse a unos 80 m como máximo.

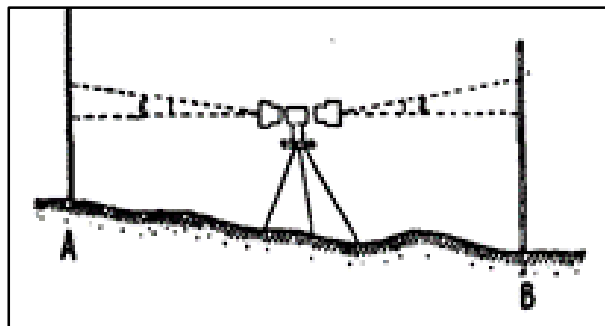


Figura 3. Método del punto medio en la nivelación simple.
Fuente: Alcantara (2014)

En la figura 3 se suponen dos miras colocadas verticalmente en A y en B, puntos cuyo desnivel se desea hallar. Un instrumento estacionado en un punto intermedio permitirá dirigir una visual horizontal a cada mira, obteniéndose las lecturas respectivas m_a y m_b ; el desnivel entre los puntos A y B vendrá dado por la expresión:

$$Z_B^A = m_b - m_a \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde:

Z_B^A = Desnivel entre el punto B y el punto A (m).

m_b = lectura de la mira en el punto B (m).

m_a = lectura de la mira en el punto A (m).

- Método del punto extremo: por este método, reflejado en la figura 4, se estacionara el instrumento en uno de los puntos y se colocara la mira en el otro. Si la visual es horizontal el desnivel vendrá dado por la expresión:

$$Z_A^B = i - m \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde:

Z_A^B = Desnivel entre el punto A y el punto B.

i = diferencia entre alturas del Instrumento (m).

m = lectura de la mira (m).

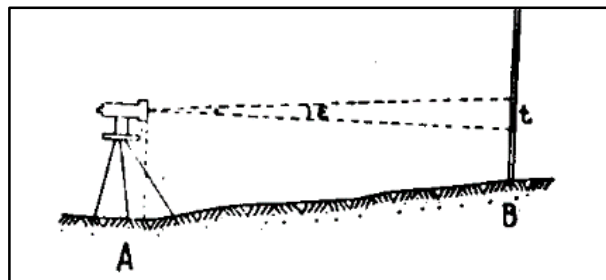


Figura 4. Nivelación por el método del punto extremo
Fuente: Alcantara (2014)

Este método exige el empleo de desniveles exactamente corregidos, ya que los errores sistemáticos residuales se transmiten íntegramente a la lectura de mira sin compensación alguna. Este método no puede ser utilizado en distancias superiores de 100 m.

- b) Nivelación compuesta: es una cadena de nivelaciones simples, cuyos puntos auxiliares reciben el nombre de puntos de cambio y son considerados como bancos de nivel momentáneamente para con ellos llegar al punto deseado. Es empleado cuando el sistema es bastante quebrado, o las visuales resultan demasiado largas (> 300 m).
- c) Diferencial, este procedimiento proporciona el desnivel entre dos o más puntos por medio de la diferencia entre las lecturas hechas sobre las lecturas de atrás y adelante vistas a través de un nivel. La posición relativa de los puntos se determina directamente restando a la lectura de atrás la lectura hecha adelante. Si se conoce la posición absoluta de los puntos, es posible conocer la de cualesquier otro cercano a el y así ambos estarán referidos a una superficie de nivel.

2.2.4.2. Banco de nivel o “*Bench Mark*” (BM)

Es un punto de referencia cuya altitud con respecto a un plano es conocida. El banco de nivel, comúnmente conocido como BM por sus siglas del inglés “*Bench Mark*”, se usa como punto de arranque o punto de cierre de una nivelación. Generalmente, este punto es colocado por un topógrafo en un sitio predeterminado, notable, invariable y duradero, usando para ello una placa de aluminio, bronce o metal, sin embargo, en ocasiones, para estas referencias, se usan elementos fijos de la naturaleza encontrados en el terreno, o bien un determinado objeto artificial en el lugar. Cabe decir que pueden existir múltiples BM para una misma nivelación, siendo comúnmente

empleados 2 en nivelaciones pequeñas (menores a 20 Ha), o según el criterio del profesional en la obra.

2.2.5. Aguas blancas

Basándose en los fundamentos expresados por Arocha (1977), se puede decir que las aguas blancas son aquellas que, a partir de los procesos de captación, potabilización, aducción y almacenamiento, son distribuidas mediante tuberías, para su uso doméstico, comercial, recreacional, público, sistema contra incendios, o uso industrial.

2.2.6. Sistema de abastecimiento de aguas blancas

Para el mismo autor, un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras, afectadas según su función dentro de la red. De este modo, lo que el autor menciona como estructuras, son las tuberías y piezas que componen un sistema de distribución, las cuales deben ser evaluadas y diseñadas según su resistencia, coeficientes, y características a tomar en cuenta a fin de establecer un diseño económico y eficiente.

2.2.6.1. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

En términos generales los elementos característicos de diseño de construcción de una red de abastecimiento de aguas blancas son los descritos a continuación, y se pueden apreciar en la figura 5.

- Fuente de abastecimiento: constituye la parte más importante del acueducto, y no debe concebirse un proyecto si previamente no se ha definido y garantizado una buena fuente capaz de abastecer de agua la población futura del diseño

- La obra de captación: cuyo diseño es dependiente y ajustado a las características de la fuente.
- La línea de aducción: la cual conduce las aguas captadas desde la fuente hasta el estanque de almacenamiento, y cuyo diseño debe satisfacer las condiciones de servicio para el día de máximo consumo, garantizando de tal modo, la eficiencia del sistema
- El estanque de almacenamiento: este elemento se encuentra usualmente entre la fuente y la red de distribución, y de su funcionamiento depende el poder proyectar un continuo servicio a la comunidad.
- Estación de bombeo: la cual es necesaria en muchos casos para lograr abastecer de agua a todos los puntos de la red.
- Red de distribución: entendida como el conjunto de tuberías que reparten el agua hacia los centros de consumo, cuyo funcionamiento además se ve afectado por factores de diseño de máximo consumo horario, así como se debe garantizar la condición de análisis para casos de extinción de incendios.

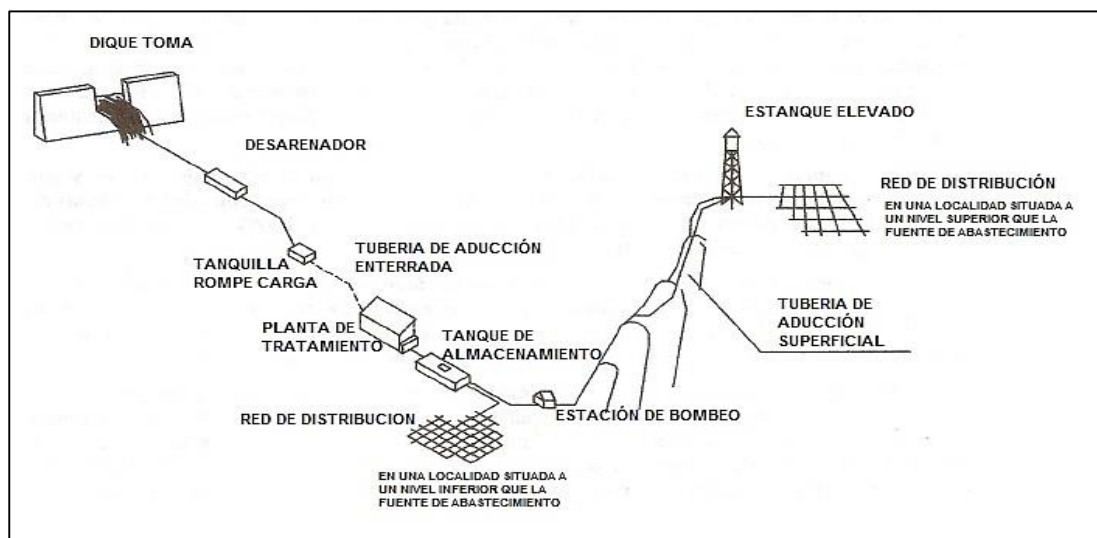


Figura 5. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua

Fuente: Arocha (1977)

2.2.6.2. Clases de tuberías

De acuerdo al material de construcción, las tuberías empleadas para los sistemas de abastecimiento de agua son:

- Tuberías de hierro fundido (H.F)
- Tuberías de hierro fundido dúctil (H.F.D)
- Tuberías de acero galvanizado (H.G)
- Tuberías de asbesto cemento a presión (A.C.P)
- Tuberías de policloruro de vinilo (P.V.C)

El conocimiento del material implica su posibilidad de utilización de acuerdo a las propiedades que éste posea.

2.2.6.3. Tipos de redes de distribución

Los tipos de redes de agua blanca dependerán de la topografía, de la vialidad y de la ubicación de las fuentes de abastecimiento y del estanque.

- Red ramificada o red abierta

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. Puede originarse por el desarrollo lineal a lo largo de una vía principal.

De acuerdo a lo mencionado por el autor, las redes dependerán del diseño de vialidad, donde serán estudiadas y se determinarán el diseño de la red más conveniente; este tipo de red puede ser por una arteria central con una serie de ramificaciones para dar servicio a algunas calles que han crecido convergiendo a ella. Es decir, el agua llega a los diferentes puntos siguiendo un solo camino, así como se aprecia en la figura 6.

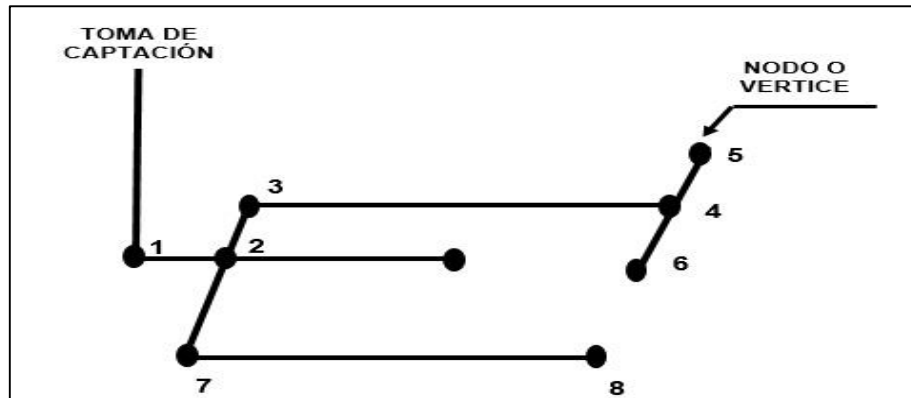


Figura 6: Red abierta.
Fuente: Gómez *et al.* (1997).

- Tipo mallado o red cerrada

Así como se aprecia en la figura 7, son aquellas redes constituidas por tuberías interconectadas formando mallas. Se trata de la interconexión de las tuberías, a fin de crear un circuito cerrado que permita un servicio más eficiente y permanente. La estimación de gastos medios de consumos se hará en función del crecimiento poblacional para el período de diseño considerado. Deberán tomarse en cuenta las características de las viviendas, las densidades de población por zonas y la posibilidad de expansión futura.

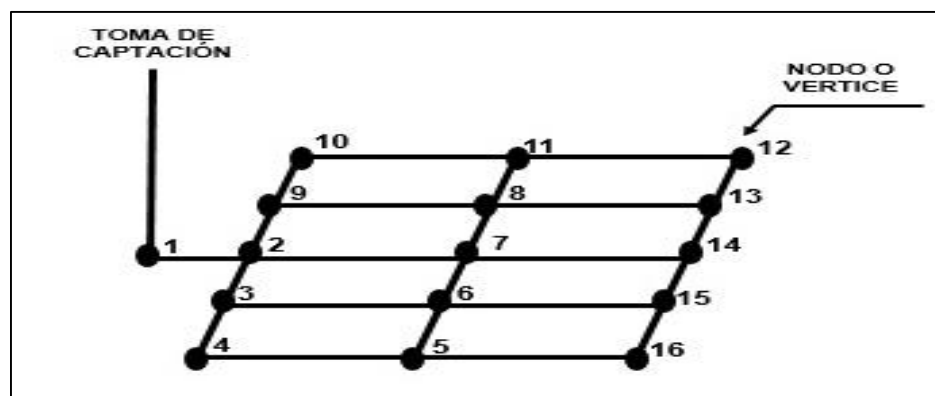


Figura 7: Red cerrada.
Fuente: Gómez, *et al.* (1997)

2.2.6.4. Selección del tipo de distribución

Existen diversas condiciones para la realización del tipo de distribución de un acueducto. Cabe destacar que el tipo de distribución dependerá de las condiciones topográficas, la ubicación de la fuente respecto a la red y al estanque, motivará diversas formas de suministro de agua a la red de abastecimiento, planteándose varias posibilidades o alternativas.

2.2.7. Ecuaciones para obtener los consumos en diferentes períodos

Las ecuaciones para conseguir los diferentes gastos en diferentes períodos son:

- **Consumo medio diario**

El consumo medio diario (Q_m) es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, expresándolo en L/s.

$$Q_m = \frac{D}{86400 \text{ s}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

Q_m = Consumo medio diario (L/s)

D = Dotación (L/s)

- **Consumo máximo diario**

El consumo máximo diario (Q_{md}), es el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante 365 días de un año. El consumo de este día debe ser necesariamente satisfecho, para lo cual se debe mayorar el caudal medio diario (Q_m) por el factor K , el cual tiene un rango de valores desde 120% hasta 160%, según diversas investigaciones realizadas en

Venezuela, pudiendo usar un valor dentro del rango, como constante para el cálculo de la variación de consumo diaria.

$$Q_{md} = K1 \times Q_m \quad \text{Ec. (4)}$$

Donde:

$K1$ = Factor de mayoración ($1,20 \leq K \leq 1,60$)

Q_m = Consumo medio diario (L/s)

- **Consumo máximo horario**

El consumo máximo horario (Q_{mh}), es la hora de máximo consumo del día de máximo consumo. En general, el valor para el coeficiente de mayoración ($K2$) es función de la comunidad en estudio, siendo valores observables entre el 200% y 300%. No obstante, el M.S.A.S-1999, establece que en ningún caso será menor al 250% del consumo medio diario.

$$Q_{mh} = K2 \times Q_m \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

$K2$ = Factor de mayoración ($2,5 \leq K \leq 3,0$)

Q_m = Consumo medio diario (L/s)

- **Caudal de incendio**

Es el caudal requerido para un incendio, este caudal tiene un factor "I" que sería el gasto de incendio, lo que cual viene dado por el número de habitantes.

$$Q_{ind} = 1,8 \times Q_m + I \quad \text{Ec. (6)}$$

Donde:

Q_m = Consumo medio diario (L/s)

I = Factor de incendio

2.2.8. Aguas residuales

Para Arocha (1983), las aguas residuales son el agua proveniente de los centros de consumo que ya ha sido utilizada; afirma que estas aguas deben ser conducidas separadas de las aguas pluviales.

2.2.8.1. Características de las aguas residuales

- **Sólidos totales**

Los sólidos totales consisten principalmente en materias sólidas producto de aguas de lavado de ropa, aseo personal y uso sanitario (ídem). Lo que el autor afirma pueden ser materias sólidas, son cotidianamente remanentes de jabones, residuos de alimentos, excrementos, grasas, papeles, trapos, y otros objetos que, por accidente, terminan en la red sanitaria de la ciudad. Se considera que alrededor de un 50% de estos sólidos están en solución y el otro 50% se encuentran en suspensión o flotando.

La presencia de sólidos en la red debe ser evaluada y mantenerse en constante revisión, ya que la conducción de sedimentos y acumulación de los mismos en las tuberías, origina una considerable reducción de la eficiencia hidráulica del sistema, obstruyendo parcial o totalmente la tubería, lo que implicaría desbordamientos de agua y resultaría en la contaminación del medio urbano.

2.2.8.2. Tipos de aguas residuales

La clasificación se hace con respecto a su origen, ya que este origen es el que determina la composición del agua residual. Según el capítulo III, artículo 3, numeral 7 de las Normas Generales para el Proyecto de Alcantarillados del M.A.R.N.R, Extraordinario N°5318 (1999), establece que

las aguas residuales se clasifican en: Domiciliarias, Industriales, Comerciales e Institucionales.

- Aguas residuales domiciliarias

Son los vertidos que se generan en los núcleos de población urbana y residente como consecuencia de las actividades propias de éstos. Los aportes de este tipo presentan una cierta homogeneidad en cuanto a composición y carga contaminante, ya que la fuente de su aporte siempre será igual e invariable.

- Aguas residuales industriales

Son aquellas que proceden de cualquier actividad o negocio en cuyo proceso de producción, transformación o manipulación se utilice el agua. Son enormemente variables en cuanto a caudal y composición, difiriendo las características de los vertidos, no sólo de una industria a otra, sino también dentro de un mismo tipo de industria. A veces, las fábricas no emiten vertidos de forma continua, si no únicamente en determinadas horas del día o incluso únicamente en determinadas épocas de año, dependiendo del tipo de producción y del proceso industrial. Estos residuos son más contaminantes que las aguas residuales urbanas, además, su daño al medio ambiente es mucho más difícil de eliminar.

- Aguas residuales, comerciales e institucionales

Los gastos de aguas servidas de origen comercial e institucional, tienen generalmente las mismas características en frecuencia y composición a las de las aguas servidas de uso doméstico.

2.2.9. Sistemas de recolección de aguas servidas

Hasta el presente, el método sanitario más aconsejable para la recolección y conducción de las aguas residuales, es mediante la construcción

de tuberías subterráneas que se denominan “cloacas”, detalla que una cloaca se trata de un método sanitario que consta de tuberías subterráneas, a través de las cuales, se recolectan y se conducen las aguas usadas, a un punto de tratamiento o de disposición final donde no tengan ningún efecto adverso para los seres vivos.

De acuerdo a lo indicado por el autor, un sistema cloacal es una red de tuberías construidas en el subsuelo, estas tienen como propósito transportar todos los desechos provenientes de las edificaciones como viviendas, comercios, iglesias, instituciones, o bien denominados por él como “centros de consumo”, hacia lugares especiales donde no afecten la salud ni el bienestar de la sociedad, para su posterior tratamiento y descontaminación.

2.2.10. Componentes del sistema cloacal

La red de recolección de aguas servidas posee varios componentes, que, en conjunto, conforman el sistema que permite conducir los desechos desde la salida del ramal de empotramiento en la edificación, hasta el sitio de disposición final o tratamiento. Estos componentes son:

2.2.10.1. Tanquilla de empotramiento

La tanquilla de empotramiento normalmente se ubica debajo de la acera, preferiblemente en el punto más bajo del frente de la parcela. Generalmente, este elemento se construye con tubería de concreto, cuyo diámetro mínimo es de 250 mm (10”), incrementándose éste de acuerdo al caudal de descarga. En la figura 8, mostrada a continuación, se presenta un corte transversal de la tanquilla, donde se aprecia de qué forma ésta trabaja, y a su vez, los elementos a los cuales se conecta (colector).

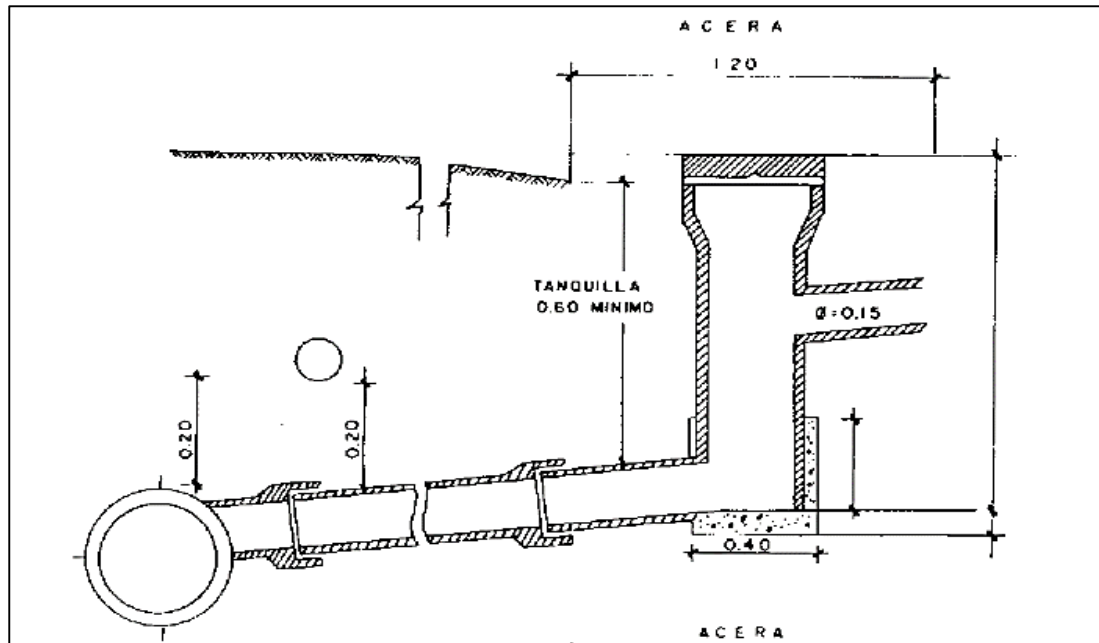


Figura 8. Tanquilla de empotramiento.
Fuente: Arocha (1983)

2.2.10.2. Boca de visita

Son estructuras generalmente compuestas de un cono excéntrico cilíndrico en su mayoría de 120 cm, y losa o base, que permiten acceso y mantenimiento a los colectores cloacales y cuya ubicación está definida para los escenarios planteados en el artículo 336 de las Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillado, del Instituto Nacional de Obras Sanitarias, donde señala que deberán proyectarse:

- a) En toda intersección de colectores del sistema.
- b) En el comienzo de todo colector.
- c) En los tramos rectos de tubería, a una distancia máxima de 120 m. entre ellas, para colectores de hasta 0,30 m (12"), y una máxima de 150 m. para colectores mayores de 0,30 m. (12").
- d) En todo cambio de dirección, pendiente, diámetro y material empleado en los colectores.

e) En los colectores alineados en curva, al comienzo y final de la misma y en la curva a una distancia de 30m. entre ellas, cuando corresponda.

- Tipos de bocas de visita

Según algunas particularidades relacionadas con la elevación de la rasante del colector, diámetros de las tuberías, y el comportamiento vinculado a características del sistema, son diseñadas diferentes bocas de visita, con la finalidad de cumplir la demanda que se requiera. Los tipos de bocas de visita y su uso frecuente son señalados a continuación:

Tipo Ia. Se utiliza para profundidades mayores de 1,15 m, con respecto al lomo del colector menos enterrado y hasta la profundidad de 5 m, con respecto a la rasante del colector más profundo, como se puede ver en la figura 9 a continuación

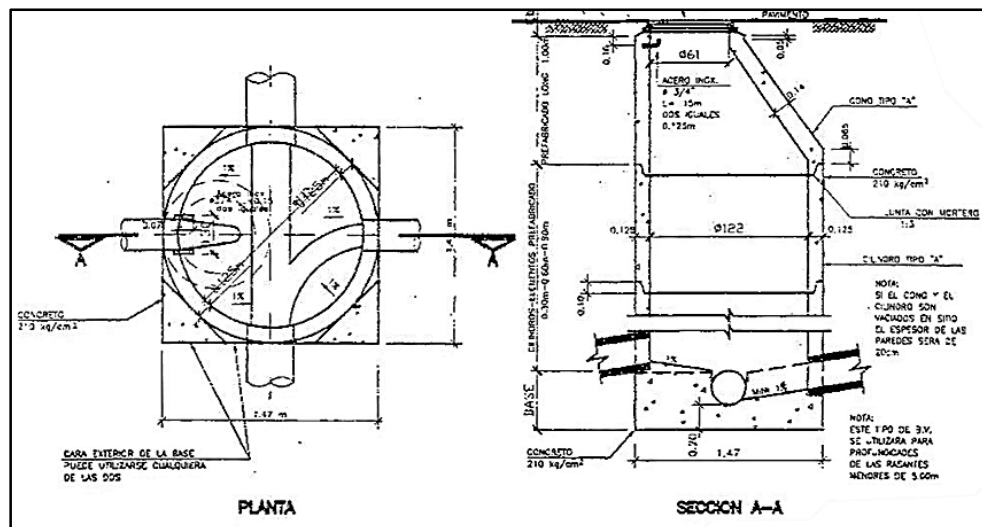


Figura 9. Boca de visita tipo Ia.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

Tipo Ib. Es usada para profundidades mayores de 5 m con respecto a la rasante del colector más profundo, se representada en la figura 10.

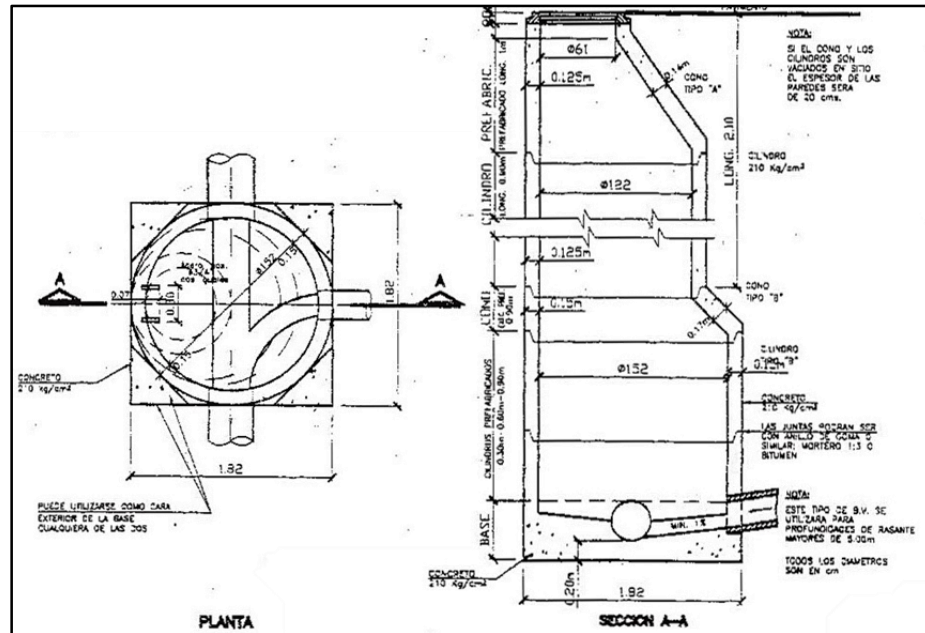


Figura 10. Boca de visita tipo Ib.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

Tipo II. Este tipo de BV se observa en la figura 11 y se utiliza en caso que el lomo de la tubería menos enterrada esté a una profundidad igual o menor de 1,75 m. y con una distancia máxima entre bocas de 50 m, en tuberías de hasta 0,53 m de diámetro.

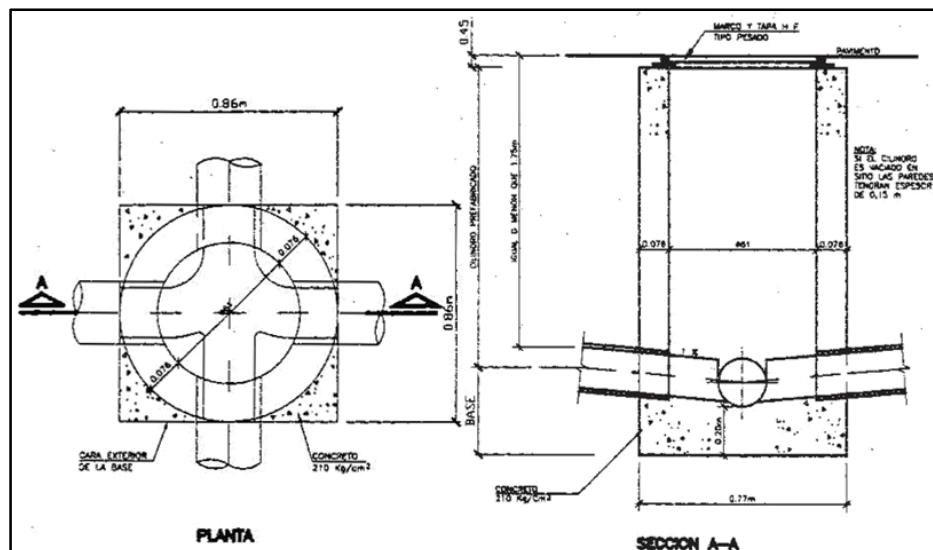


Figura 11. Boca de visita tipo II.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

Tipo III. Se utilizará para colectores de 0,53 m hasta 1,07 m de diámetro, para cuando no es posible emplear el tipo Ia. Ver figura 12.

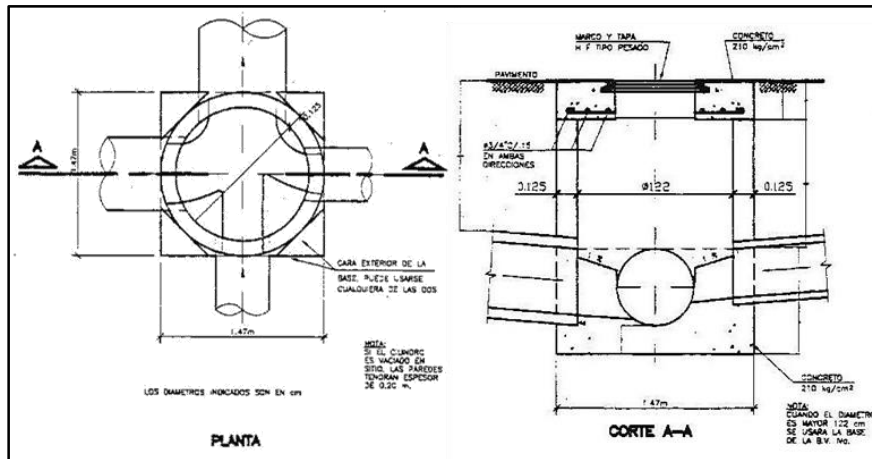


Figura 12. Boca de visita tipo III.

Fuente: M.A.R.N.R (1999)

Tipo IVa. Se muestra en detalle en la imagen 13. Se empleará para colectores de diámetro igual o mayor de 1,22 m (48") y profundidades hasta 5 m.

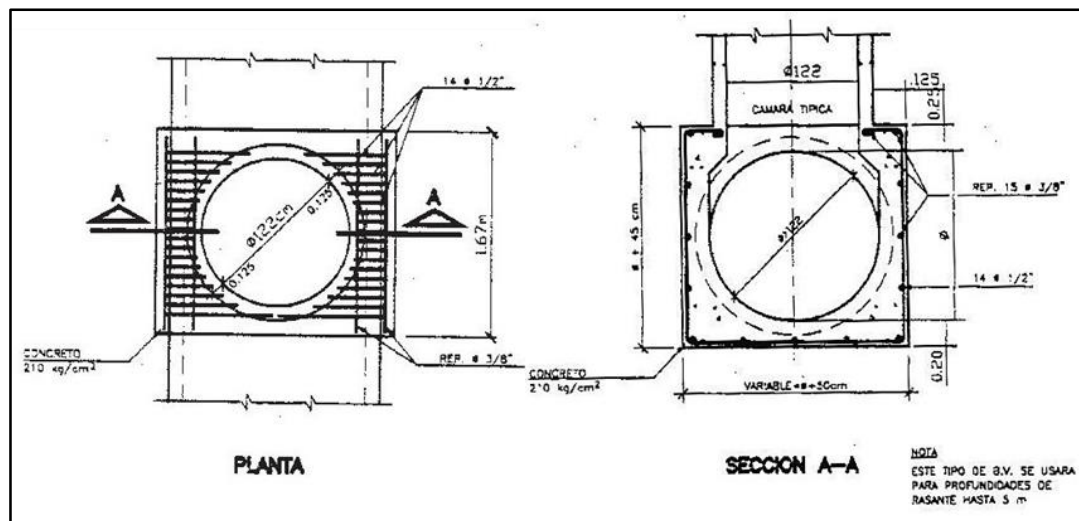


Figura 13. Boca de visita tipo IVa.

Fuente: M.A.R.N.R (1999)

Tipo IVb. Se empleará para colectores de diámetro igual o mayor de 1,22 m (48") y profundidades mayores a 5 metros. Se detalla en la siguiente imagen.

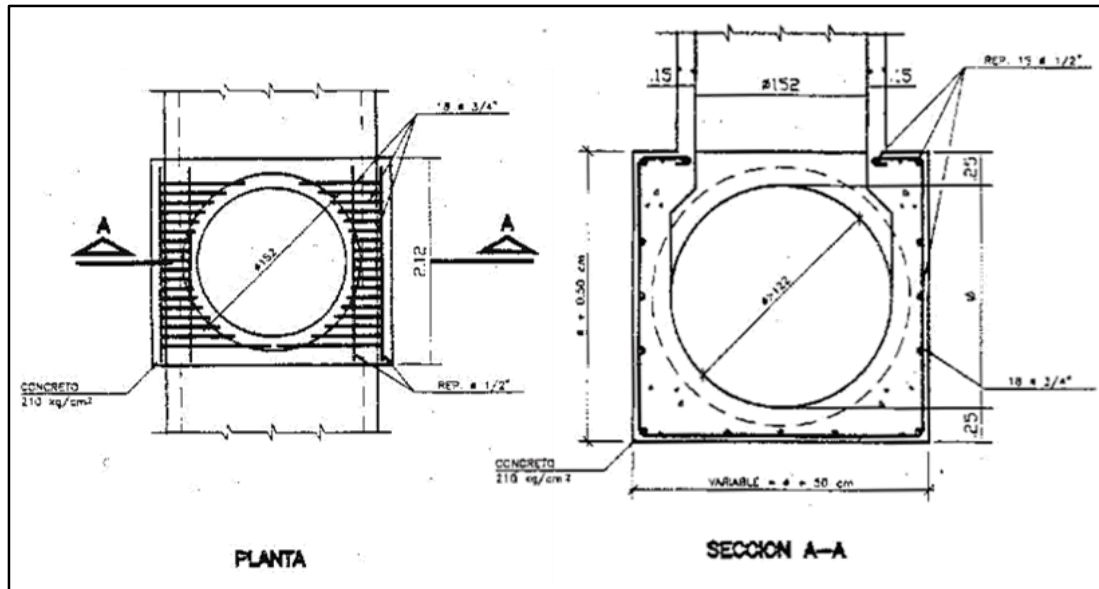


Figura 14. Boca de visita tipo IVb.
Fuente: M.A.R.N.R (1999)

- Base de bocas de visita

El fondo de toda boca de visita no será proyectado de forma plana, sino que se diseñará con canales que conduzcan las aguas servidas, desde la llegada hacia la salida, exceptuando sólo el caso en que todos los colectores comiencen en ella (Boca de visita de inicio). Los canales en el fondo deberán estar desprovistos de salientes o irregularidades en paredes, a fin de evitar el depósito de sólidos.

- Caída en bocas de visita

Se utilizarán las caídas cuando en una boca de visita, la diferencia en las elevaciones, entre la rasante del colector de llegada y la rasante del colector de descarga, sea de por lo menos 0,75 metros, en caso que se tenga un diámetro de colector de llegada de 8 pulgadas (20 cm). En el caso de otros diámetros, se deben consultar las dimensiones dadas en la tabla 4, mostrada a continuación, obtenidas del M.A.R.N.R, dimensiones que evitan la aparición de fenómenos hidráulicos no deseados en el flujo.

Tabla 4. Medidas a utilizar en las caídas de bocas de visita

Medidas para caídas en bocas de visita								
ϕ salida	20	25	30	38	45	53	61	69
D	20	25	30	30	30	30	38	38
C	45	45	60	60	60	60	60	60
H	75	78	82	100	100	100	120	120

Fuente: M.A.R.N.R (1999)

D: diámetro del colector de llegada en (cm).

C: diámetro del cáñamo asfáltico (cm).

H: diferencia de cotas entre la rasante del colector de llegada y la rasante del colector de descarga (cm).

- Nomenclatura para identificación de las bocas de visita

Las bocas de visita deben ser designadas, con el fin de permitir una mejor interpretación, además de resultar práctico y de fácil ubicación para cualquier revisión, según lo descrito en el artículo 3.85.2, del capítulo 3, de la Norma de Alcantarillado INOS.

En dicho artículo, se especifica que las correspondientes al colector principal o emisario, se indicarán en los planos con una misma letra en mayúscula, comenzando desde el punto más bajo de la red con la primera letra del abecedario, colocando un número seguidamente a ésta, empezando con el número 1, y éste ira en aumento en dirección opuesta al flujo de las aguas. Del mismo modo, sigue diciendo que aquellas bocas de visita correspondientes a los tramos que descargan en un colector principal, deberán ser nombrados de manera correlativa ascendente, comenzando en la estructura del afluente inmediato a la boca de visita del punto de confluencia,

y utilizando como prefijo, el símbolo correspondiente a ésta última. En el caso de la existencia de más de un afluente, para cada uno de ellos se utilizará el prefijo de la boca de visita de la confluencia, agregando una o más tildes, según corresponda.

2.2.10.3. Tramos

Se le denomina tramo a la longitud de colector cloacal comprendido entre dos bocas de visita contiguas. El diámetro y demás características de cada tramo, estarán determinados por el gasto o caudal de diseño correspondiente a la determinada porción de tubería. La designación o identificación para cada tramo, se realiza por las bocas de visita que lo comprenden.

2.2.10.4. Red de colectores

La red está constituida por todo el conjunto de tramos; y en ella podemos definir a un colector principal. La red principal, es la que recibe los aportes de una serie de colectores secundarios que, de acuerdo a la topografía, sirve a diversos sectores de la zona urbanizada. El colector principal toma la denominación de colector de descarga o colector emisario.

Más tarde, el autor señala que los colectores deben servir a las edificaciones, construyéndose por los ejes de las vías, siguiéndose, en lo posible, las pendientes naturales disponibles, evitándose así movimientos de tierra innecesarios y costosos, del mismo modo, la red cloacal se proyectará de manera que todos los ramales, incluyendo los empotramientos, pasen por debajo de las tuberías de acueducto existentes o futuras, dejando como mínimo una luz libre de 0,2 m. entre ambas. La afirmación es reforzada por las Normas del M.S.A.S Extraordinario N°4103 (1989), donde establece que los

colectores deben diseñarse en lineamientos rectos, siguiendo el eje de la vía o paralelo a este, lo más cercano a las parcelas a servir.

En líneas generales, se puede decir que los colectores pueden ser clasificados de la siguiente manera:

- a) Colectores terciarios: Son tuberías de pequeño diámetro (150 a 250 mm. de diámetro interno), que pueden estar colocados debajo de las veredas, a los cuales se conectan las acometidas domiciliarias.
- b) Colectores secundarios: Son las tuberías que recogen las aguas de los colectores terciarios y los conducen a los colectores principales. Se sitúan enterradas, en las vías públicas.
- c) Colectores principales: Son tuberías de gran diámetro, situadas generalmente en las partes más bajas de las ciudades, y transportan las aguas servidas hasta su destino final.

2.2.10.5. Estaciones de bombeo

Como la red de alcantarillado trabaja por gravedad, para funcionar correctamente, las tuberías deben tener una cierta pendiente, calculada para garantizar al agua, una velocidad mínima que no permita la sedimentación de los materiales sólidos transportados. En ciudades con topografía plana, los colectores pueden llegar a tener profundidades superiores a 4 o 6 m, lo que hace difícil y costosa su construcción y complicado su mantenimiento. En estos casos, puede ser conveniente intercalar en la red, estaciones de bombeo que permiten elevar el agua servida a una cota próxima a la cota de la vía.

González (2006), detalla que, bajo ciertas condiciones, se hace indispensable diseñar estaciones de bombeo para extraer las aguas servidas de un determinado sector, el cual no puede ser drenado por gravedad. Tratándose de aguas servidas, debe darse consideración especial a la

ubicación, apariencia externa y características de las estaciones y equipos que minimicen los inconvenientes que las aguas negras provocan al sistema.

2.2.10.6. Plantas de tratamiento de las aguas servidas

Son instalaciones, constituidas por diversas cámaras de tratamiento, destinadas a limpiar las aguas servidas, para posteriormente ser liberadas en los sitios de disposición final. Existen varios tipos de plantas de tratamiento que, según la calidad del agua a la salida de la misma, se clasifican en: plantas de tratamiento primario, secundario o terciario.

2.2.10.7. Disposición final de las aguas tratadas

Las aguas residuales, posterior a su tratamiento, son llevadas a un cuerpo de agua próximo a la planta, o un lugar de almacenamiento para un posterior uso. En el primer caso, es conducida a un río o arroyo, vertida en las aguas próximas a la costa, o descargada al mar mediante un emisario submarino, a varias centenas de metros de la orilla; para el segundo argumento, luego de ser almacenada, es reutilizada para riego y otros menesteres apropiados. Cabe resaltar, que la disposición final y uso al agua tratada, dependerá de las condiciones de potabilidad y limpieza, criterios y parámetros de las autoridades competentes, costo y factibilidad, y condiciones altimétricas, climáticas y geológicas de la zona.

2.2.11. Coeficiente de rugosidad de los colectores

Los valores del coeficiente de rugosidad de Manning “n” para tuberías y otros elementos empleados para el cauce de las aguas, según el material de la superficie, serán los registrados en la tabla 5, mostrada a continuación, sacados de las normas del M.S.A.S.

Tabla 5. Coeficientes de rugosidad según el material.

TIPO DE MATERIAL	VALOR DEL COEFICIENTE "N"
COLECTORES CERRADOS PREFABRICADOS	
Cloruro de Polivinilo (P.V.C)	0,011
PEAD	0,012
Fiberglass	0,011
Acero	0,012
Hierro fundido	0,012
Hierro fundido dúctil	0,012
Asbesto-cemento	0,012
Arcilla vitrificada	0,013
Concreto (interior liso) $\geq 27"$	0,013
Concreto (interior liso) $\leq 27"$	0,015
COLECTORES CERRADOS VACIADOS EN SITIO	
Concreto	0,014
CANALES	
Revestidos de asfalto	0,015
Revestidos de concreto	0,015
Excavados en tierra	0,022 – 0,030
Lechos pedregosos y taludes con grama	0,035

Fuente: M.S.A.S (1989)

2.2.12. Diámetro mínimo en colectores

En sistemas de alcantarillados para aguas servidas, el diámetro mínimo será de 20 cm. u 8", salvo casos aislados, donde previa autorización de las autoridades sanitarias competentes, se podrá usar un diámetro de 15 cm o 6", y para sistemas de alcantarillados de aguas pluviales o sistemas unitarios será de 25 cm. o 10".

2.2.13. Anchos de zanja

El ancho de zanjas donde se colocarán los colectores depende del diámetro de los mismos y si la zanja será con o sin entibado. Para colectores de 8" de diámetro, el ancho de zanja debe ser de 60 cm. sin entibado, y de 100

cm. con entibado; para colectores de 10" de diámetro, el ancho de la zanja sin entibado debe ser de 70 cm. y 100 cm. según se aplique o no el entibado. Para otros diámetros, en la tabla mostrada a continuación se encuentran los anchos recomendados.

Tabla 6. Anchos de zanja para tuberías según el diámetro

Diámetro		Ancho de Zanja (cm)	
Centímetros	Pulgadas	Sin entibado	Con entibado
10	4	60	90
15	6	60	90
20	8	70	100
25	10	70	100
30	12	80	100
38	15	90	120
46	18	100	120
53	21	110	130
61	24	120	140
69	27	130	150
76	30	140	160
83	33	150	170
91	36	165	190

Fuente: M.A.R.N.R (1999)

2.2.14. Colectores marginales de aguas servidas

Las viviendas y construcciones que se encuentran ubicadas cercanas a los cursos de aguas, que por razones altimétricas no pueden descargar en las redes de alcantarillado de aguas servidas existentes, deberán empotrarse a colectores marginales. Estos colectores son del mismo material a los mencionados en la sección 2.2.9, (Tabla 5: Coeficiente de rugosidad según el material), exceptuando la fibra de vidrio y la arcilla vitrificada.

2.2.14.1. Ubicación de un colector marginal

Los colectores destinados a la recolección de aguas servidas, ubicados en las cercanías de cursos de agua y puntos bajos, se colocarán de tal forma

que se puedan capturar todas las descargas de aguas servidas, siguiendo los siguientes criterios:

- En caso de ser necesario, se construirá un colector a ambos lados de los cursos de agua.
- Los colectores marginales seguirán el trazado altimétrico más bajo posible, según se pueda presupuestar.
- Podrán estar enterrados y adyacentes a los canales de drenaje, o externos adosados a la sección transversal, en este caso, el ramal de empotramiento de la edificación, podrá descargar al colector, también adosado a las paredes del canal, así como se aprecia en las figuras 15 y 16 mostradas a continuación.
- La ubicación altimétrica del colector marginal de cloacas será tal que permita captar las descargas de las aguas servidas de las zonas adyacentes a servir, y su posterior empotramiento a la red de alcantarillado aguas abajo o en su defecto al sitio de disposición final.

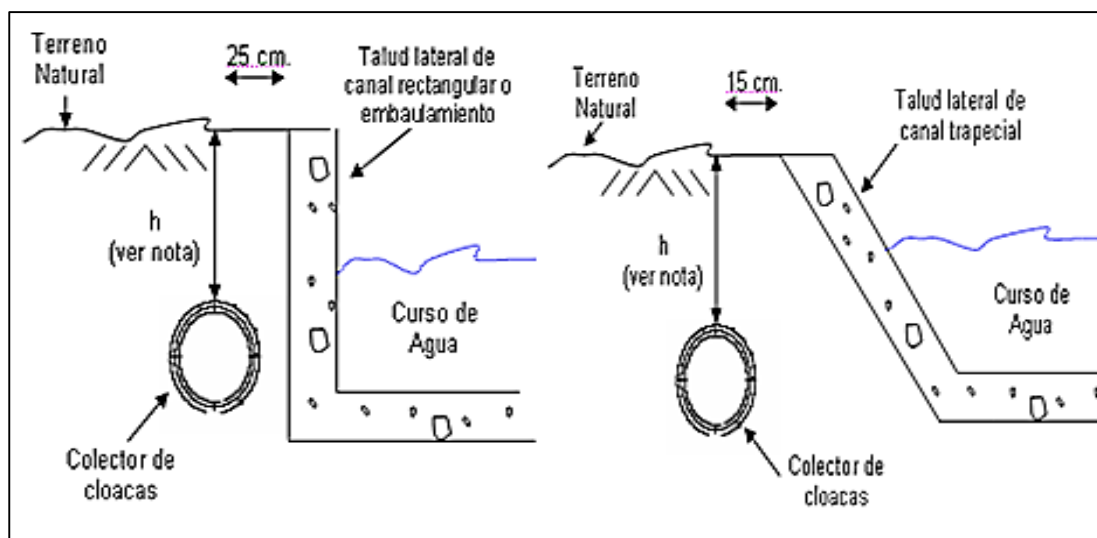


Figura 15. Colectores marginales enterrados adyacentes a canales.
Fuente: Bolinaga (1979)

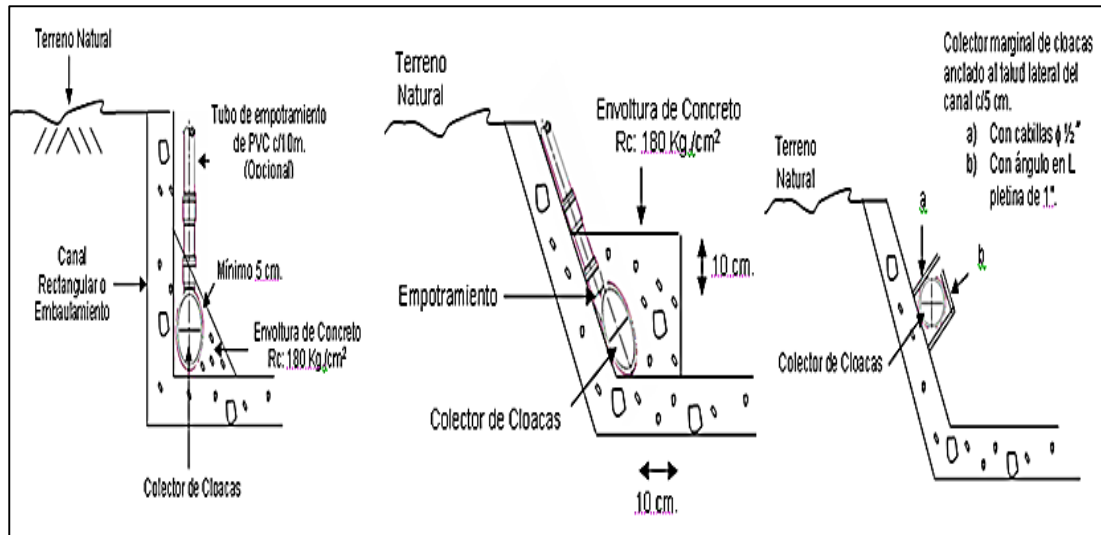


Figura 16. Colectores marginales adosados a canales.
Fuente: ídem

2.2.15. Evaluación de una red de aguas servidas

El propósito de la evaluación de un sistema de recolección de aguas servidas es conocer el comportamiento de cada uno de los componentes de la red a lo largo de la vida útil para lo cual ha sido diseñada y para ello es necesario conocer un parámetro fundamental, el cual es el periodo de diseño.

2.2.15.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo para el cual el sistema es eficiente en un 100%, ya sea por capacidad hidráulica y por la resistencia física de las instalaciones, afirma Ghanem (1995)

En el caso de los sistemas de recolección de aguas servidas, el mismo debe ser seleccionado cuidadosamente, ya que la selección de periodos de diseño inadecuados, podría limitar el desarrollo de nuevas áreas o zonificaciones o incrementar los costos por reparación de colectores.

Los periodos de diseño mas recomendados son los siguientes:

- Colectores Principales y Emisarios: entre 40 y 50 años.
- Colectores Secundarios: 25 años o mas.
- Estaciones de Bombeo: entre 10 y 15 años y con capacidad para posibles incrementos en la población.

2.2.16. Cálculo de gasto de proyecto en sistemas para aguas residuales

La Norma de Alcantarillado del INOS, establece en el capítulo 3, numeral 3.20, que el gasto con el cual se calculará cualquier tramo de un sistema de alcantarillado, será el correspondiente al extremo inferior del mismo, el régimen se considerará como permanente y uniforme, salvo en casos muy especiales debidamente justificados. Todos los colectores de sección cerrada, cualquiera sea su forma, se calcularán a capacidad plena, pero sin presión.

Según la Norma e Instructivo para el Proyecto de Alcantarillado del I.N.O.S, en el artículo 3.7, dice que, para determinar el gasto de proyecto de un sistema de alcantarillado de aguas servidas, se deberán considerar los siguientes aportes de aguas:

- a) Servidas domiciliarias
- b) Industriales
- c) Comerciales
- d) Institucionales
- e) Infiltración

2.2.16.1. Calculo de gasto de las aguas servidas domiciliarias

El valor del gasto máximo (promedio diario anual) de las aguas servidas domiciliarias, se puede obtener aplicando la siguiente formula.

$$Q_{\text{máx(A.S.)}} = Q_{\text{med A.P.}} \times K \times R$$

Ec. (7)

Donde:

$Q_{\text{máx}}$ (A.S.) = caudal máximo de aguas servidas.

Q_{med} (A.P.) = gasto medio del acueducto que abastece la localidad.

R = coeficiente de gasto de reingreso, igual a 0,80 en viviendas.

K = coeficiente que es función de la población contribuyente al tramo de estudio. El valor de este coeficiente puede obtenerse por la fórmula de Harmon.

$$K = 1 + \frac{14}{4 + \sqrt{P}}$$

Ec. (8)

Donde:

P = población, expresado en miles de habitantes.

Nota: la ecuación 15 es válida hasta un mínimo de 1000 habitantes, para poblaciones menores es necesario tomar en cuenta otras consideraciones.

El Q_{med} de acueducto depende directamente de la dotación de agua potable asignada a una población y la misma a su vez depende de la población a la cual se va a abastecer. Según las “Normas para el Diseño de Abastecimiento de Agua (INOS 1965)”, establece lo siguiente:

- Para poblaciones inferiores a los 20.000 habitantes se debe asignar una dotación de 200 l/hab./d.
- Para poblaciones entre 20.000 y 50.000 habitantes se debe asignar una dotación de 250 l/hab./d.
- Para poblaciones superiores a los 50.000 habitantes se debe asignar una dotación de 300 l/hab./d.

El Q_{med} de acueducto viene dado por la fórmula:

$$Q_{\text{med}} = \text{Dotación(l/hab/d)} \times \text{Población(hab)}$$

(Ec. 9)

Mediante el uso de las fórmulas contempladas por el M.S.A.S, para el cálculo del caudal máximo o gasto máximo de aguas servidas, se obtendrá el valor correspondiente a la demanda de agua a descargar en la red, de modo que su aplicación en esta investigación, influirá para la selección del diseño final de la tubería, para la propuesta y mejora de las redes sanitarias del Sector El Granadillo de Cantaura.

2.2.16.2. Gastos de aguas servidas industriales

El gasto de aguas servidas industriales depende del tipo de industria a considerar, por lo que resulta un poco difícil su determinación si no se tiene una información detallada al respecto.

En caso de no ser posible obtener la información indicada en las normas, se podrá aplicar un coeficiente máximo de agua residual industrial, comprendido entre los siguientes valores: 0,50 L/s/ha bruta y 3,00 L/s/ha bruta o una densidad equivalente de 100 hab./ha bruta y 300 hab./ha bruta con la dotación adoptada por habitante. Para obtener el gasto máximo, se debe multiplicar el gasto medio de aguas servidas industriales por el factor K correspondiente, después de transformar este gasto en población equivalente. Esta población equivalente se suma a la contribución del tramo donde se incorpora la zona industrial

2.2.16.3. Gasto de aguas servidas por contribución comercial e institucional

Los gastos de aguas servidas de origen comercial e institucional, tienen generalmente las mismas características de las aguas servidas de uso doméstico. Sin embargo, serán estimadas en base al estudio de aportes

desarrollados en otras localidades y en las dotaciones asignadas por el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, Extraordinario N°4044 (1988).

2.2.16.4. Gastos de infiltración

El gasto máximo a considerar es de 20.000 L/día/km, el cual depende de la longitud total de los colectores, de los anchos de vías, y de cada uno de los ramales de empotramiento del sistema. Cabe mencionar que los gastos de infiltración son los producidos por las corrientes de aguas del subsuelo que entran al sistema de recolección de aguas residuales a través de las conexiones, bocas de visita, juntas, y grietas de las tuberías. Se indica la siguiente ecuación para su cálculo.

$$Q_{inf} = \frac{20.000 \text{ l/km/día} \times (LC + LE)}{86.400 \text{ l/día}}$$

Ec. (10)

Donde:

LC = Longitud del colector (m)

LE = Longitud de empotramientos (m)

Nota: Más adelante, en la sección 2.2.16, se describen más consideraciones sobre el aporte de las aguas de lluvia por infiltración al colector cloacal.

2.2.16.5. Gastos por tramos

Una vez se han obtenido y establecido parámetros de diseño como la planta definitiva del sistema de cloacas, la nomenclatura a usar de las bocas de visita de la red y la determinación del aporte máximo de aguas servidas de cada parcela, se puede determinar el gasto propio de cada tramo de colector de la siguiente manera

$$Q_{máxAN} = (Q_{mAB} \times K \times R) + Q_{inf} \text{ (L/s)}$$

Ec. (11)

Donde:

$Q_{máxAN}$ = Caudal máximo de aguas servidas de un tramo (L/s).

Q_{mAB} = Caudal medio de acueducto del tramo (L/s).

R = Coeficiente de reingreso.

K = Coeficiente de Harmon (ver ec. 8).

Q_{inf} = Gasto de infiltración por tramo.

2.2.16.6. Gastos unitarios

Para obtener el gasto unitario o el gasto parcial del tramo de estudio se deben sumar los diferentes aportes indicados anteriormente, y el resultado de la suma deberá multiplicarse por un coeficiente C , el cual varía entre 1 y 2.

$$Q_{parcial} = (Q_{máx} + Q_{inf}) \times C \text{ (L/s)}$$

Ec. (12)

C será menor a medida que haya mejor control durante la construcción del sistema, así como también a medida que el área de desarrollo sea mayor, también disminuirá con el empleo de la junta estanca de goma o similar. En cambio, dicho coeficiente C , aumentara cuando el nivel freático envuelva la tubería o este muy cerca de ella.

2.2.16.7. Caudal de diseño

Para obtener el caudal de diseño del tramo en estudio se debe realizar la suma del caudal parcial y el caudal de aguas arriba, es decir, el gasto que se encuentra antes de llegar a este punto de análisis.

$$Q_{Diseño} = (Q_{parcial} + Q_{arriba}) \text{ (L/s)}$$

Ec. (13)

2.2.17. Hidráulica de colectores

2.2.17.1. Capacidad de un colector

Es el volumen de aguas que puede transportar un colector en cierto intervalo de tiempo a sección llena. Para este análisis hay que tener en cuenta el manteniendo del flujo dentro del colector por gravedad. La capacidad o caudal a sección plena de un colector se puede calcular utilizando la ecuación de continuidad.

$$Q_c = V_c \times A_c$$

Ec. (14)

Donde:

Q_c = Capacidad del colector en m^3/s

V_c = Velocidad a sección llena en m/s .

A_c = Área de la sección transversal del colector en m^2 .

2.2.17.2. Velocidad del flujo

Es la velocidad del agua dentro de un colector. Esta velocidad se puede determinar a través de la ecuación proveniente de la fórmula de Chezy-Manning por medio de la siguiente expresión:

$$VC = \frac{1}{n} \times R_c^{2/3} \times S^{1/2}$$

Ec. (15)

Donde:

VC = Velocidad media en m/s .

n = Coeficiente de rugosidad de la tubería

S = Pendiente unitaria determinada por la rasante del colector en m/m .

R_c = Radio hidráulico a sección plena en m .

$$R_c = \frac{D}{4} \text{ (cm)}$$

(Ec. 16)

2.2.17.3. Pendientes y velocidades mínimas

La pendiente mínima de un colector estará determinada por la velocidad mínima admisible a sección llena, la cual en sistemas de alcantarillado de aguas servidas será de 0,60 m/s, y para redes de drenaje de aguas pluviales será de 0,75 m/s. En casos puntuales, cuando no se dispone de una pendiente que garantice la velocidad mínima, se permitirá usar un colector de un diámetro menor al requerido, siempre que se obtenga una mayor velocidad real del flujo, en ese caso en particular.

2.2.17.4. Pendientes y velocidades máximas

La pendiente máxima será correspondiente a las velocidades máximas admisibles a sección llena, según el material empleado en los mismos. A continuación, se muestra en la tabla 7, las velocidades máximas del flujo dentro de la tubería a sección llena, según el tipo de material.

Tabla 7. Velocidades máximas según el tipo de material

Material de la Tubería	Velocidad Limite en m/s
Concreto	
Rcc28 = 210 Kg/cm ²	5,00
Rcc28 = 280 Kg/cm ²	6,00
Rcc28 = 350 Kg/cm ²	7,50
Asbesto Cemento	4,50
Arcilla Vitrificada	6,00
Cloruro de Polivinilo (P.V.C)	4,50
Hierro Fundido, Acero	Sin Limite

Fuente: M.S.A.S (1989)

2.2.17.5. Elementos hidráulicos de colectores

Los diferentes elementos que definen el comportamiento hidráulico de un colector cloacal, se encuentran expuestos a continuación, y representados de forma gráfica en la figura 17.

- Perímetro mojado:

$$P_m = \pi \times D \text{ (cm)} \quad (\text{Ec. 17})$$

- Área media:

$$A_m = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ (cm}^2\text{)} \quad (\text{Ec. 18})$$

- Radio hidráulico:

$$R_h = \frac{D}{4} \text{ (cm)} \quad (\text{Ec. 19})$$

- Velocidad:

$$V_C = \frac{1}{n} \times R_h^{2/3} \times S^{1/2} \text{ (m/s)} \quad (\text{Ec. 20})$$

- Gasto o caudal (capacidad):

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times R_c^{2/3} \times S^{1/2} \text{ (m}^3\text{/s)} \quad (\text{Ec. 21})$$

- Tirante de agua:

$$H = D \text{ (m)} \quad (\text{Ec. 22})$$

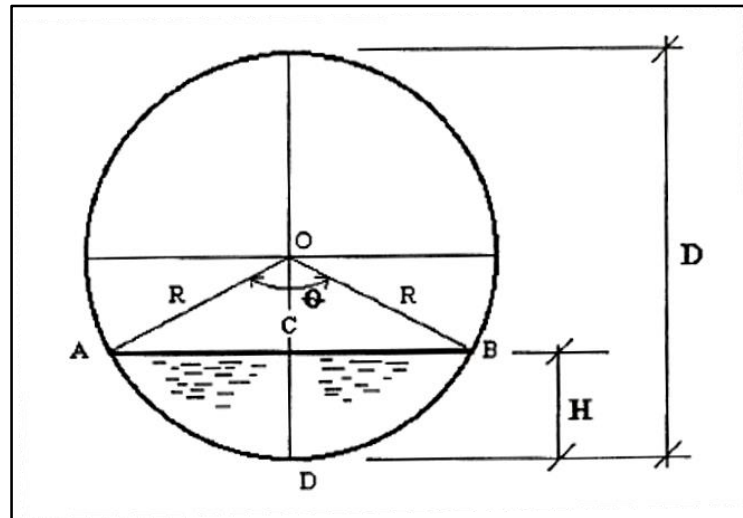


Figura 17. Elementos hidráulicos de un conducto de sección circular
Fuente: Ghanem (1995)

2.2.18. Ubicación y profundidad de los colectores de aguas servidas

Una vez definidas las características hidráulicas del colector cloacal, la profundidad del colector estaría sujeta a dos importantes aspectos. En primer lugar, debe existir una separación mínima, vertical y horizontal, con respecto a la tubería y los elementos del sistema de distribución de agua potable y, en segundo lugar, las condiciones obligantes del sistema cloacal, como lo son: puntos de descarga o intersección con otros elementos, así como se muestra en la figura 18, a continuación.

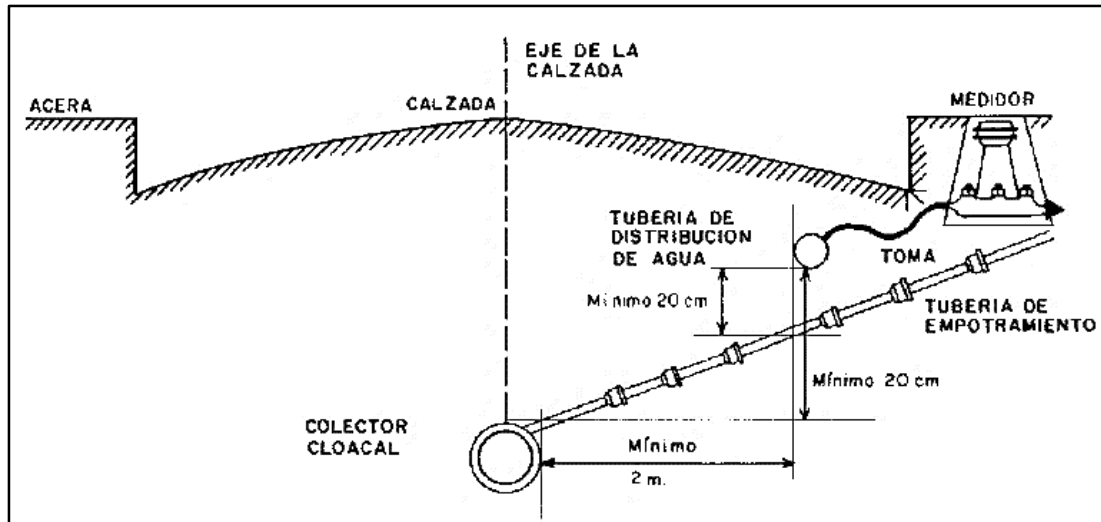


Figura 18. Separación mínima entre tuberías de acueductos y cloacas
Fuente: Arocha (1983)

Las tuberías de aguas servidas se proyectan siguiendo en lo posible el eje de las calles, salvo en los casos en que las edificaciones a servir requieran un trazado particular. Las normas del M.S.A.S establecen en el artículo 52, que debe mantenerse la mayor separación en proyección horizontal entre las tuberías de cloacas y las tuberías de la red de acueducto, recomendándose, como mínimo, una separación horizontal de 200 cm entre el eje de ambas tuberías, así como también deberá ubicarse el acueducto por encima de los colectores del sistema de aguas servidas, exigiendo una separación vertical mínima de 20 cm entre la cresta inferior del acueducto y el lomo de la tubería de cloacas, así como también entre el ramal de empotramiento y la cresta superior del colector de aguas servidas. En el caso obligante de no poder cumplir estas condiciones, deberá profundizarse el colector cloacal hasta lograr la separación de 0,20 m. más la mitad de la diferencia entre 2 m. y la distancia horizontal propuesta. En ningún caso, la separación horizontal debe ser menor a 1 m.

Tomando como referencia las profundidades mínimas a las cuales se debe ubicar el acueducto, se puede determinar la profundidad mínima de los colectores cloacales. Del mismo modo, el artículo 3.19 de las Normas del INOS establece que el lomo del colector cloacal, estará enterrado a un mínimo de 1,15 metros, refiriéndose a un acueducto de 4" de diámetro, siendo esta distancia, la empleada por muchos proyectistas para sus diseños.

En este sentido, se muestran a continuación en la tabla 8, las profundidades mínimas para la construcción del acueducto de aguas blancas, donde se aprecia, según su diámetro, la distancia de instalación en el subsuelo, la cual puede emplearse como referencia para el propósito antes descrito.

Tabla 8. Profundidades de construcción del acueducto

Diámetro	Profundidad
75 mm (3")	65 cm
100 mm (4")	70 cm
150 mm (6")	80 cm
200 mm (8")	90 cm
250 mm (10")	105 cm
300 mm (12")	120 cm

Fuente: INOS (1965)

En casos muy especiales, debidamente justificados, podrá admitirse una profundidad menor a la indicada, debiéndose tomar las precauciones a fin de asegurar la integridad de las tuberías y evitar la contaminación del acueducto.

Así mismo, las profundidades máximas de los colectores en zanja abierta, no debe ser excesiva, especialmente en los lugares con terrenos inestables o rocosos, en estos casos, debe realizarse una comparación de

costos con otras soluciones, a fin de seleccionar la más factible económicamente.

Al emplear tuberías prefabricadas, deberá tenerse en consideración que, para cada diámetro, material y tipo de apoyo, existe una profundidad máxima de colocación de las mismas dicha profundidad estará determinada por las cargas (muerta y viva) que deben soportar según se indica en las “Normas para la fabricación de tubos de concreto para cloacas, INOS CL-C-65”.

2.2.19. Aporte de infiltración de aguas de lluvia al colector

Dadas las características de los sistemas de recolección de aguas residuales, existen grandes probabilidades de que se infiltren las aguas subterráneas presentes en el subsuelo y la proveniente de las precipitaciones, hacia el interior del colector, sumando un gasto adicional al mismo. Arocha dice “Los colectores de aguas negras deben diseñarse con capacidad para recibir este gasto adicional que de manera inevitable penetra a los conductos” (pág. 50). Los factores que permiten o no la infiltración, son el nivel de las aguas del subsuelo (nivel freático), la porosidad del material de la tubería, el tipo de juntas, el número de empotramientos, entre otros.

Las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias contemplan en el apartado 3.12 “El gasto máximo de infiltración a considerar en un sistema de alcantarillado de aguas servidas, será de 20.000 L/km/día” del mismo modo “En el cálculo del aporte de las aguas de infiltración, se considerará la longitud de cada uno de los empotramientos correspondientes, comprendida entre el límite de frente de la parcela y el eje del colector.”

Del mismo modo, para tubos de cloacas de material plástico, las paredes internas no son absorbentes y las juntas se hacen por soldadura

química, lo que representa el avance en materiales, procedimientos y tecnología, que pasa a eliminar el aporte por infiltraciones hacia dentro de la tubería.

En base a lo descrito por el autor, se puede afirmar que el gasto de infiltraciones, estimado en 20.000 L/km/día, se refiere al aporte de aguas subterráneas que, debido a malas uniones en las juntas de la tubería, así como producto de empotramientos defectuosos (con fisuras o mal contruidos), se agregan de manera casi inevitable al colector de aguas servidas, por lo cual, es importante tomar en cuenta esta contribución, a fin de garantizar el correcto desempeño de la tubería.

2.2.20. Elección del tipo de sistema de recolección

2.2.20.1. Sistema unitario

Cuando en una zona urbanizada se recogen conjuntamente las aguas servidas y las aguas de lluvia, se diseñan y construyen colectores que son denominamos sistemas unitarios, mixtos o combinados.

Resulta significativo hacer mención que este sistema debe ser capaz de recibir los máximos aportes de aguas de lluvia que puedan ocurrir en la zona, incluyendo la incorporación de las aguas de escorrentía superficial de las calles, aceras y áreas públicas, datos que se encuentran reflejados en las curvas de intensidad-duración-frecuencia del Manual de Drenaje del M.O.P, y además recibir las descargas de aguas servidas desde las edificaciones, sin que eso conlleve a la saturación y colapso del sistema por insuficiencia y mal diseño. Las condiciones para los lineamientos atienden a aspectos particulares, tanto por características propias de las aguas que conducen, como por su gran variabilidad en los caudales a transportar.

2.2.20.2. Sistema separado

Un sistema separado contempla una red cloacal para conducir las aguas servidas y otra red de tuberías que, conjuntamente con las estructuras especiales de recolección, conducirán exclusivamente aguas de lluvia, constituyendo así el alcantarillado de aguas pluviales.

Este sistema supone que las aguas pluviales y residuales están separadas entre sí, del mismo modo el sistema de empotramiento de las edificaciones excluye las descargas de aguas de lluvia hacia un sistema integral de recolección o bien, descargan en la cuneta a través de estructuras diseñadas para tal fin, donde serán recibidas y enviadas por la red de colectores pluviales hasta un cauce natural.

Cabe destacar que las normas del Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS) establecen que se debe adoptar un sistema separado y sólo podrán excluirse casos suficientemente justificados donde se autorizará la construcción de un sistema unitario. Así mismo, según el capítulo II, artículo 2, numeral 2, de las normas generales para proyectos de alcantarillados, del MARNR, se recomienda utilizar sistemas separados.

2.2.21. Área tributaria

La determinación del caudal de diseño a través del método de áreas tributarias resulta en una forma práctica para determinar este aporte para cada tramo de colector, repartiendo éste en función del parcelamiento adyacente y su extensión. La delimitación de estas áreas se realiza tomando en cuenta el trazado de colectores, asignando áreas proporcionales a las figuras geométricas que el trazado configura. De tal modo, se puede afirmar que son las zonas adyacentes al sistema de recolección de aguas servidas, que aportan un caudal al sistema de acuerdo a su área. La unidad de medida es la

hectárea (Ha), y generalmente se exige una precisión de 0.01 Ha. Para obtener el área tributaria se puede medir con planímetro, determinarla mediante cálculo analítico, o utilizando medición por *programa*.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de investigación

El estudio que se llevó a cabo se cataloga como investigación de campo, que según Arias (2004), consiste en la recolección de la información directamente de la realidad donde ocurren los hechos. De acuerdo a esto, el proyecto de la evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua potable y sistema de recolección de aguas servidas del sector El Granadillo, se encuentra enmarcado en este tipo de investigación, puesto que se ha recabado la información desde el origen de la misma, así como de los sujetos y objetos que se encuentran en campo y en organismos relacionados con el presente proyecto.

3.2. Nivel de investigación

La investigación se encuentra catalogada en el nivel descriptivo. Arias (ídem), afirma que la investigación descriptiva se basa en la caracterización de alguna ocurrencia o fenómeno con el fin de establecer el comportamiento y su estructura; por lo cual, esta investigación se considera de este nivel, ya que describen los diseños de las redes sanitarias existentes en el sitio, así como se han medido y analizado sus condiciones hidráulicas, para posteriormente establecer mejoras y propuestas que a juicio propio solventan las necesidades de la comunidad.

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

- Observación directa

Mediante la observación directa se obtiene de manera tangible, la información de los sucesos y otras eventualidades, ya que existe contacto directo con los elementos o caracteres en los cuales ocurrieron, por lo que los resultados obtenidos se consideran datos estadísticos originales.

Para la presente investigación, la observación de los fenómenos e irregularidades concernientes al tema de estudio, ha sido pieza clave para obtener y comprender el porqué del problema encontrado.

- Investigación documental

En el proceso investigativo fueron tomadas en cuenta las fuentes de parámetros técnicos referentes al ámbito sanitario, reconociendo lo establecido por las normas venezolanas, tales como: INOS, MSAS, MARNR, así como diversas notas y datos recabados en campo, para la evaluación de las redes existentes en el Sector El Granadillo.

- Entrevistas estructuradas y no estructuradas

Con el fin de obtener respuestas subjetivas, fueron aplicadas diversas entrevistas a diversos organismos, siendo el objetivo obtener información relevante para llevar a cabo el proyecto, destacando al personal de la Dirección de Ingeniería Municipal de la Alcaldía de Freites, habitantes de la comunidad, y organismos competentes que se encuentren relacionados directamente con este proyecto, como el personal técnico y obrero de la Compañía Anónima Hidrológica del Caribe (HIDROCARIBE).

Para realizar las entrevistas se empleó un cuestionario conformado por 15 preguntas, de las cuales 8 de ellas buscaron responder incertidumbres acerca del sistema existente de aguas blancas en el urbanismo. De igual

modo, se realizaron 4 preguntas relacionadas con el sistema de recolección de aguas residuales, y finalmente, 3 preguntas para conocer la opinión de los residentes en relación al sector y su condición de asentamiento no planificado. El cuestionario empleado se muestra a continuación



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE ANZOÁTEGUI
EXTENSIÓN CANTAURO
ESCUELA DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

**CUESTIONARIO SOBRE LAS CONDICIONES DE LOS SISTEMAS SANITARIOS
EXISTENTES EN EL SECTOR "EL GRANADILLO"**

Estimado habitante del Sector El Granadillo, me dirijo hacia su persona en oportunidad de solicitar su valioso aporte respondiendo el siguiente cuestionario, en donde se realizan preguntas en relación a la calidad y servidumbre de los sistemas de abastecimiento de agua potable y las alternativas de disposición de las aguas residuales. La información suministrada será empleada sólo con fines académicos y será de gran ayuda en la comprensión de las condiciones de vida en el lugar.

Agradezco su comprensión y el tiempo dedicado a esta causa.

INSTRUCCIONES:

- Por favor lea cuidadosamente cada pregunta antes de responder.
- Marque con una "X" la respuesta que más se adapte a su opinión.
- Por favor responda todas las preguntas aquí planteadas.

UBICACIÓN DE SU RESIDENCIA:

Calle: _____ ; Casa N°: _____

COBERTURA Y PERCEPCIÓN DEL SERVICIO DE AGUA POTABLE O AGUAS BLANCAS

1. ¿El sector El Granadillo cuenta con una red de aguas blancas o agua potable construida?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___
2. ¿Esta red se encuentra actualmente operativa?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___
3. Indique la fuente de abastecimiento de la red de aguas blancas del sector
Respuesta > Superficial (ríos, arroyos, presas o cualquier cuerpo de agua superficial) ___ ;
Subterránea (pozo perforado) ___
Tanques de almacenamiento ___
No sabe ___
4. ¿En la calle o callejón frente a su vivienda se encuentra construida una red de aguas blancas?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___
5. ¿Su vivienda posee toma de aguas blancas a ese acueducto de la red pública?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___
6. ¿Con qué frecuencia percibe el servicio mediante el acueducto de la red pública?
Respuesta > No se abastece ___ ; Siempre ___ ; Nunca ___ ; Intermitente ___ ;
7. ¿Cuál de las siguientes palabras encaja con su percepción sobre el servicio de aguas blancas de su comunidad?
Respuesta > Excelente ___ ; Regular ___ ; Malo ___ ; Inexistente ___
8. ¿De qué forma obtiene el suministro de agua potable para su vivienda y uso cotidiano?
Respuesta > Acueducto ___ ; Cisterna público ___ ; Cisterna privado ___ ; Lluvia ___ ;
Pozo privado ___ ; Otro sector ___ ; Otra fuente, especifique: _____

COBERTURA Y PERCEPCIÓN DEL SERVICIO DE AGUAS NEGRAS

1. ¿El sector El Granadillo posee una red de recolección de aguas servidas?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___

2. En la calle o callejón frente a su vivienda existe colector de aguas residuales?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___

3. ¿Las aguas residuales de su vivienda son finalmente dispuestas hacia?
Respuesta > Colector ___ ; Séptico ___ ; Medio ambiente ___ ; Otro (indique) _____

4. La alcaldía u otro ente gubernamental facilita equipos para el achique de los pozos sépticos en el sector?
Respuesta > Sí ___ ; No ___ ; No sabe ___

SONDEO GENERAL

1. ¿Sabía usted que el Sector El Granadillo está asentado sobre un lugar no habitable?
Respuesta > Sí ___ ; No ___

2. ¿Considera usted que en el Sector El Granadillo deben realizarse mejoras a la red de aguas blancas y en la red de cloacas, teniendo en cuenta que este sector debe ser evacuado y deshabitado en un futuro?
Respuesta > Sí ___ ; No ___

3. Indique algún suceso o actividad, que ocurra o haya ocurrido, en relación a los sistemas sanitarios existentes en su sector, explíquelo:

¡Es todo, muchas gracias!

- **Uso de programas**

Los programas son herramientas que facilitan el trabajo y permiten obtener una mejor eficiencia y rapidez de ejecución. Para la elaboración del presente proyecto, fueron usados los programas “*WaterCAD*”, para el cálculo

hidráulico de las redes de aguas blancas, “SewerCAD” para el análisis de las condiciones en la red de aguas negras, AutoCAD para la elaboración de los planos y representaciones gráficas necesarias; y, por último, IP3 Control de Obras, el cual asistió en la elaboración de los análisis de precios y el costo estimado de la obra.

3.4. Fases de la Investigación

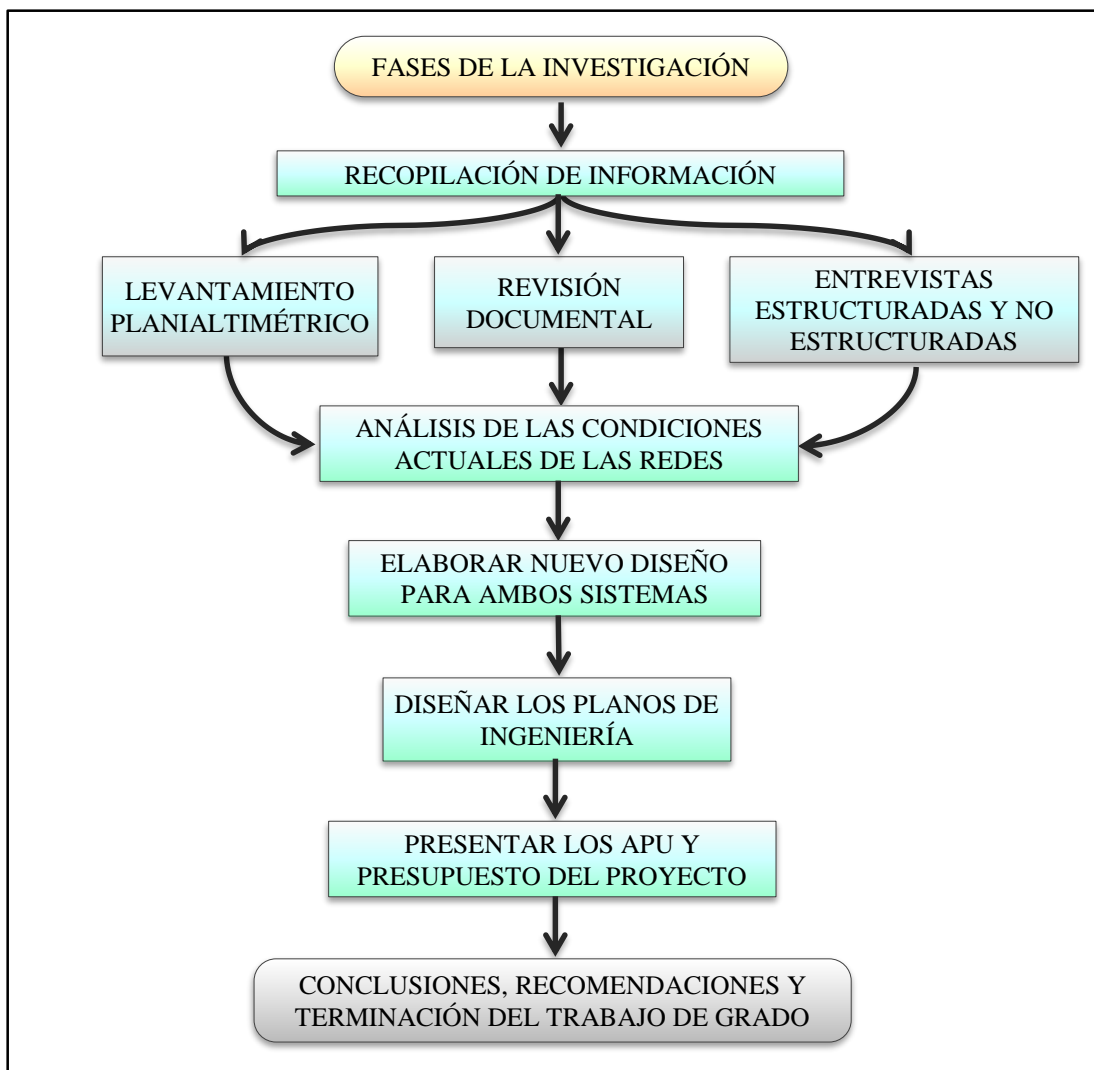


Figura 19. Diagrama de flujo del proceso investigativo
Fuente: Autor (2023)

3.4.1. Revisión documental y observación de condiciones iniciales

En primer lugar, fueron realizadas 2 visitas de campo al Sector El Granadillo, en las cuales se buscó obtener una realidad tangible para el investigador, de modo que la investigación bibliográfica se encontrara reforzada con la experiencia. Más tarde, se realizaron investigaciones bibliográficas de bases teóricas en las cuales se soporta este proyecto, empleando la técnica de investigación documental. Para ello, se usaron las normas del MSAS, INOS y MARNR, así como destacadas literaturas, entre las que resaltan Simón Arocha y Juan José Bolinaga. En esta etapa también se consideran proyectos que anteceden a este estudio, de los cuales se tomarán ciertas orientaciones, criterios y procedimientos. El tiempo que fue invertido en esta actividad fue en principio de 1 semana, y posteriormente durante todo el transcurso de la investigación.

3.4.2. Realización del levantamiento planialtimétrico de las redes sanitarias existentes

Como segundo punto, se decidió iniciar la ejecución de un levantamiento planialtimétrico en el sitio, empleando equipos de topografía, recabando toda la información necesaria de los sistemas de distribución de agua blanca y red de recolección de aguas negras, usando la técnica de observación directa de los sistemas. Primordialmente, se obtuvo el trazado y distribución, los diámetros de tuberías, las profundidades, las distancias, irregularidades en el diseño y problemas que visualmente fueron presenciados. Del mismo modo, se emplearon equipos de fotografía, cuadernos y material de anotaciones, con lo cual se elaboró un compendio fotográfico y una síntesis de cada visita con el fin de poseer más herramientas para su análisis. En conjunto, el procedimiento de revisión de las redes

sanitarias existentes, y la elaboración del levantamiento planialtimétrico, demoró un total de 2 semanas.

3.4.3. Determinación de las condiciones existentes de las redes de agua potable y red de aguas servidas en el sector El Granadillo, usando los criterios de las normas del MSAS, INOS y MARNR y los programas de análisis hidráulico “WaterCAD” y “SewerCAD”:

Esta etapa consistió en analizar las condiciones hidráulicas de operatividad, que, para el momento de la investigación, presentaban las redes sanitarias de aguas blancas y aguas negras, revisando las pendientes, velocidades de flujo, trazado de la red, disposición final de los residuos, presiones de la red, caudales, presencia de conexiones clandestinas, etc. A partir de la información recabada de las dos primeras etapas, se pudo determinar el conjunto de elementos y variables necesarias. Para el cálculo de estas variables, se emplearon los principios establecidos en las normas sanitarias de Venezuela, como lo son la MSAS-1999, la INOS-1963, y MARNR-1989. Para garantizar la eficiencia del análisis fueron empleados los programas “WaterCAD” y “SewerCAD”, sin evadir las consideraciones de las normas venezolanas antes mencionadas. Esta actividad comprendió un lapso de 8 semanas.

3.4.4. Elaboración de un nuevo diseño para las redes de abastecimiento de agua potable y redes de recolección de aguas servidas tomando en cuenta las normas INOS, MSAS y MARNR

Seguidamente al análisis y la observación de los problemas en las redes, fueron realizadas las propuestas de las alternativas que pueden adoptarse para cada red sanitaria, empleando el criterio de factibilidad y practicidad, tomando en cuenta las normas 4013-89 y 5318-99. De tal modo, se presenta una solución para cada sistema sanitario, descritos más adelante

en el numeral 4.3.4. La actividad descrita, fue ejecutada en un lapso de 6 semanas para la red de aguas blancas, y 5 semanas para la red de aguas negras.

3.4.5. Diseño de los planos de ingeniería empleando el programa AutoCAD

En el transcurso de las etapas del estudio, fueron realizados algunos planos, croquis y otros dibujos necesarios, conforme fueron necesarios, a fin de contar con dicha información al momento oportuno. Estos bosquejos, fueron elaborados desde la etapa del levantamiento planialtimetrico, y han sido realizados posteriormente aquellos necesarios para los análisis y la interpretación de los resultados, y para la fase de las propuestas proyectadas de cada red sanitaria. Cabe decir que se diseñaron por *programa*, a través del programa AutoCAD, y todos ellos se encuentran anexos como parte indispensable a este proyecto. En total, la etapa demandó más de 20 semanas en completarse, empleando cerca de 4 semanas efectivamente trabajadas.

3.4.6. Presentación de los análisis de precio unitario y el presupuesto de obra, empleando el programa IP3 Control de Obras

A partir de la información generada de los planos, de las normas, y las observaciones en campo, fueron calculadas las cantidades de obra que demanda la demolición de obras existentes, y el proyecto de implantación de las mejoras propuestas en cada red. Estos resultados fueron calculados a través de planillas de medición, y posteriormente computados en el programa IP3 Control de Obras, en donde se realizaron los análisis de precio unitario, y se suman al presupuesto final, dando como resultado un análisis financiero separativo para cada sistema estudiado. Para dicho análisis, se requirieron 2 semanas.

3.4.7. Redacción y presentación del trabajo de grado

Este proceso comprendió el armado final del trabajo de investigación. Fue ejecutado en último lugar, luego de haber logrado todos los objetivos de la investigación. En este momento, también fueron elaboradas las conclusiones y recomendaciones pertinentes al objetivo del proyecto. En conjunto, la etapa abarco 4 semanas, y principalmente se usó el programa MS Office Word 2016.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1. Condiciones iniciales

4.1.1. Red de aguas blancas

En el Sector El Granadillo de Cantaura, se encuentra establecida una red de agua potable bastante nueva en comparación con otras redes existentes en la ciudad, incluyendo la perforación de un pozo en el centro del lugar, cuya construcción fue realizada por el ente municipal para servir la zona “consolidada” del barrio. Esta red es relativamente nueva, aunque actualmente se encuentra fuera de funcionamiento, por lo que los residentes del lugar se dan a la tarea de abastecer sus viviendas con el vital líquido mediante otras alternativas, muchas de estas acarreando cuantiosos gastos.

4.1.2. Red de aguas servidas

En el caso de la red de recolección de las aguas residuales, se pudo verificar, a través de entrevistas y visitas de campo, que en el lugar no se cuenta con un sistema existente para tal fin. En contraparte, en cada vivienda se hizo necesaria la construcción de pozos sépticos por parte de los propietarios de las bienhechurías, y en casos aislados, se realizan descargas directamente sobre el ecosistema adyacente, según los datos arrojados de las encuestas realizadas en el sector.

4.2. Levantamiento planialtimétrico

Se procedió a ejecutar un levantamiento planialtimétrico completo del área afectada con el fin de determinar las elevaciones naturales y artificiales

de la superficie donde se implantaría el proyecto. Del mismo modo, se observaron y tomaron en cuenta los elementos propios de cada sistema sanitario existente como tanquillas, válvulas, etc.

Para llevar a cabo la actividad, se trasladó el punto de Cartografía Nacional, denominado Cantaura2P. Dicho vértice se encuentra en las cercanías del Distribuidor San Joaquín, así como se muestra en la figura 20 y sus datos se presentan a continuación con proyección Universal Transversal de Mercator (UTM), datum horizontal SIRGAS-REGVEN (Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas - Red Geocéntrica Venezolana), y datum vertical según nivel medio del mar.

- Coordenada este: 346.747,056 m.
- Coordenada norte: 1.029.761,819 m.
- Cota: 180,72 m.s.n.m.



Figura 20 . Monumento de concreto de punto Cantaura2P, perteneciente a la RGM
Fuente: autor (2023)

La referencia se trasladó hacia la entrada del Sector El Granadillo, empleando para ello un teodolito. Luego se procedió a georreferenciar el

mismo junto con su referencia, siendo los datos los mostrados a continuación en la tabla 9, con proyección UTM y datum horizontal SIRGAS-REGVEN, datum vertical nivel medio del mar.

Tabla 9. Datos de puntos de referencia implantados en el Sector El Granadillo

Vértice	Coord. Norte	Coord. Este	Cota
BM-1	1.028.994,550	348.617,870	218,35
BM-2	1.028.981,812	348.631,679	218,52

Fuente: autor: (2023)

Ambos vértices fueron denominados BM por las siglas del inglés *Bench Mark* o banco de nivel. Desde los BM se procedió a realizar una poligonal alrededor de las diferentes vialidades existentes en el sector a fin de obtener las altitudes de los elementos de interés, por mencionar, se ubicó la mira en las intersecciones de los ejes viales, bordes de vía, canalizaciones y otros elementos de interés o de referencia para el investigador. Los datos procedentes del levantamiento realizado se encuentran en el anexo B, al final del trabajo de grado.

Para esta etapa fueron empleadas las técnicas de observación directa por parte de los investigadores, útil para conseguir los datos más relevantes a nivel del relieve del sector y las propias características de las redes existentes, además de usar las encuestas como apoyo directo para conseguir datos estadísticos y perceptivos por parte de la comunidad.

A partir de este objetivo, se obtuvo la planimetría completa de la zona, destacando las cotas en cada vértice de la red de aguas blancas existentes, altitudes para la red de aguas servidas, diferencia de cotas para estimar

presiones, anchos de calle, entre otros datos que infieren en los diferentes cálculos relacionados con los análisis requeridos en el proyecto.

4.3. Determinar las condiciones existentes en la red de distribución de agua potable y red de recolección de aguas servidas del Sector El Granadillo, usando las normas MSAS-1988, INOS-1975 y MARNR-1999, y los programas “WaterCAD” y “SewerCAD”

4.3.1. Análisis de las condiciones de la red de distribución de agua potable (año 2022)

4.3.1.1. Red de distribución

La red de aguas blancas existente en el Sector El Granadillo está construida en tubería de Cloruro de Polivinilo (PVC) de 4 pulgadas de diámetro en toda su extensión. Dicho sistema está distribuido en forma de malla cerrada, conformado actualmente por una fuente de abastecimiento, pozo y red de distribución, así como se puede apreciar en la siguiente figura.

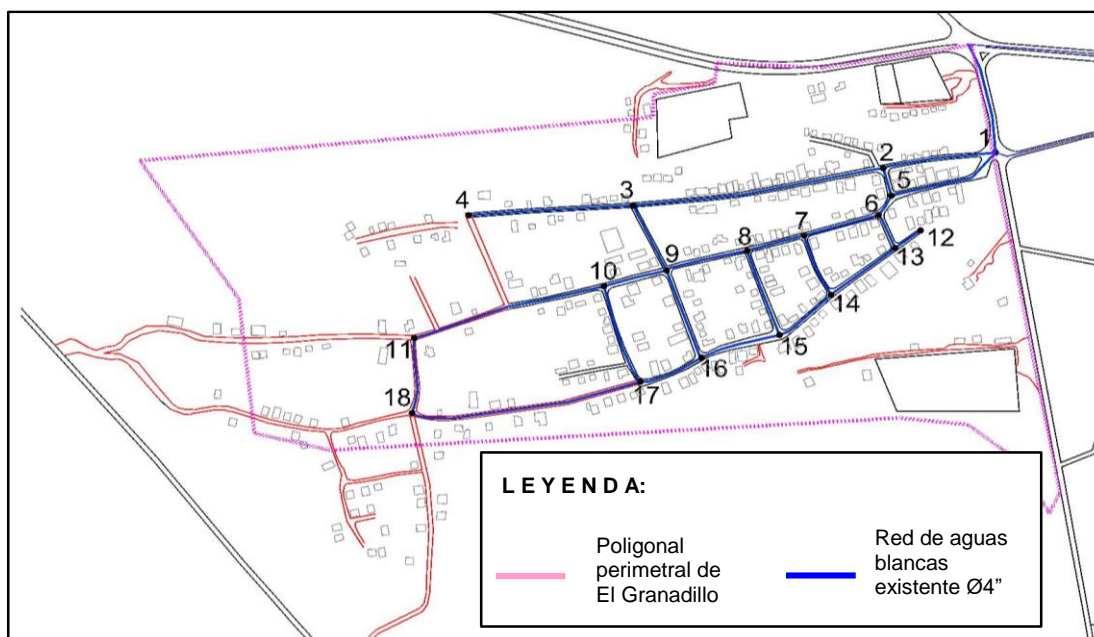


Figura 21. Red de aguas blancas existente, sector El Granadillo, Cantaura (año 2022)
Fuente: HIDROCARIBE (2009)

La red ya establecida en el sector fue construida por el ente municipal a finales de los años 90, en conjunto con la perforación de un pozo de agua en el centro del asentamiento.

A partir de los datos recabados de las entrevistas estructuradas y conversaciones establecidas con los residentes del sector, se lograron obtener diferentes datos de gran importancia para la investigación, Según relatos de los residentes del lugar, desde sus inicios, el sistema presento fallas debido a la dependencia del pozo, fallas en la distribución, tomas clandestinas y diseño ineficiente, hecho que fue descrito además por trabajadores de la alcaldía y de HIDROCARIBE. Actualmente, la red y el pozo se encuentran totalmente desatendidos e inoperativos desde mediados del año 2010, según se constató mediante los resultados de las encuestas, como se puede apreciar en las siguientes páginas, aplicando el cuestionario mostrado en el capítulo III, numeral 3.3 a los residentes del sector. En las siguientes tablas, desde la 10 a la 17, se encuentran los resultados estadísticos obtenidos de esta fase, así como también han sido graficados, mostrando de una forma más fácil la información que se desea enfatizar.

- Pregunta 1: ¿El Sector El Granadillo cuenta con una red de aguas blancas o agua potable construida?

Tabla 10. Pregunta 1 de la encuesta estructurada

Pregunta 1: ¿El sector El Granadillo cuenta con una red de aguas blancas o agua potable construida?		
SI	NO	NO SABE
212	14	12



Figura 22. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 1
Fuente: autor (2023)

Análisis: De la pregunta anterior se pudo constatar que en el Sector El Granadillo de Cantaura, existe actualmente una red de abastecimiento de agua potable, arrojando un 89% de los encuestados que dieron respuesta positiva a la pregunta. Por otra parte, un escaso 6% indicó que no existe esta red, de lo cual se puede suponer que se debe a que son habitantes recientes que no tienen conocimiento de esta red, y debido a la ausencia del suministro, presumen que no existe el sistema. Finalmente, un 5% de los encuestados respondieron que no saben o no tienen conocimiento al respecto.

- Pregunta 2: ¿La red de aguas blancas sector El Granadillo cuenta con una red de aguas blancas o agua potable construida?

Tabla 11. Pregunta 2 de la encuesta estructurada

Pregunta 2: ¿La red de aguas blancas del sector se encuentra actualmente operativa?		
SI	NO	NO SABE
0	236	2



Figura 23. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 2
Fuente: autor (2023)

Análisis: de lo expuesto por la segunda pregunta de la encuesta estructurada, se confirma que la red de aguas blancas existente en el sector El Granadillo no se encuentra operativa actualmente, evidenciado por un 99% de las personas encuestadas que han negado la operatividad de la red, mientras que número equivalente al 1% simplemente no quiso responder o no supo responder a la pregunta.

- Pregunta 3: Indique la fuente de abastecimiento de la red de aguas blancas del sector

Tabla 12. Pregunta 3 de la encuesta estructurada

Pregunta 3: indique la fuente de abastecimiento de la red de aguas blancas del sector			
SUPERFICIAL	SUBTERRANEO	TANQUE	NO SABE
0	181	7	50

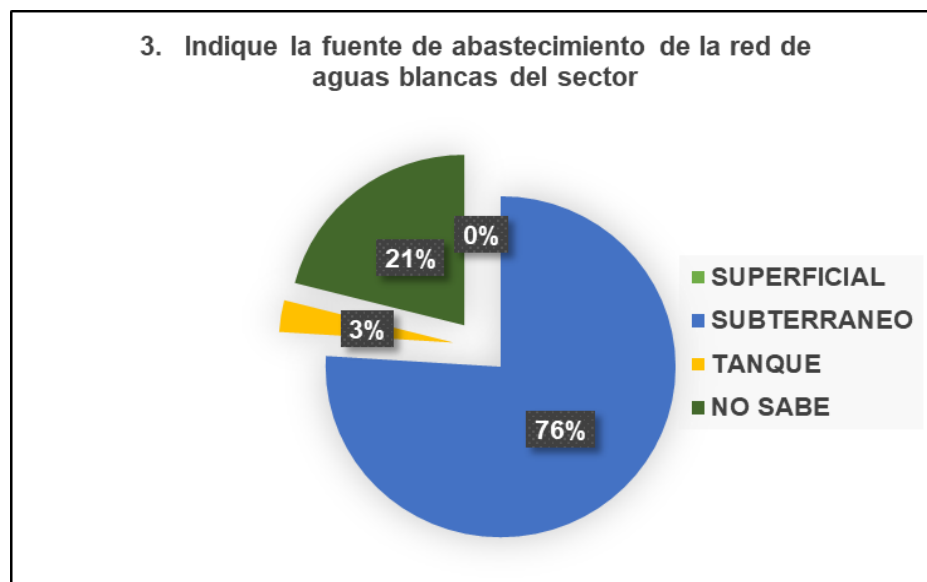


Figura 24. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 3
Fuente: autor (2023)

Análisis: Como se pudo ver, la mayoría de las personas encuestadas, un 76%, afirma que el abastecimiento de agua de la red, mientras estuvo en funcionamiento, provino de fuentes subterráneas, es decir pozo profundo. Por otra parte, el segundo grupo más fuerte, con un 21%, afirma no saber sobre el tema, y un 3% aproximadamente, piensa que el agua tenía su origen a través de una fuente de almacenamiento como un tanque.

- Pregunta 4: ¿En la calle o callejón frente a su vivienda se encuentra construida una red de aguas blancas?

Tabla 13. Pregunta 4 de la encuesta estructurada

Pregunta 4: ¿En la calle o callejón frente a su vivienda se encuentra construida una red de aguas blancas?		
SI	NO	NO SABE
60	36	143

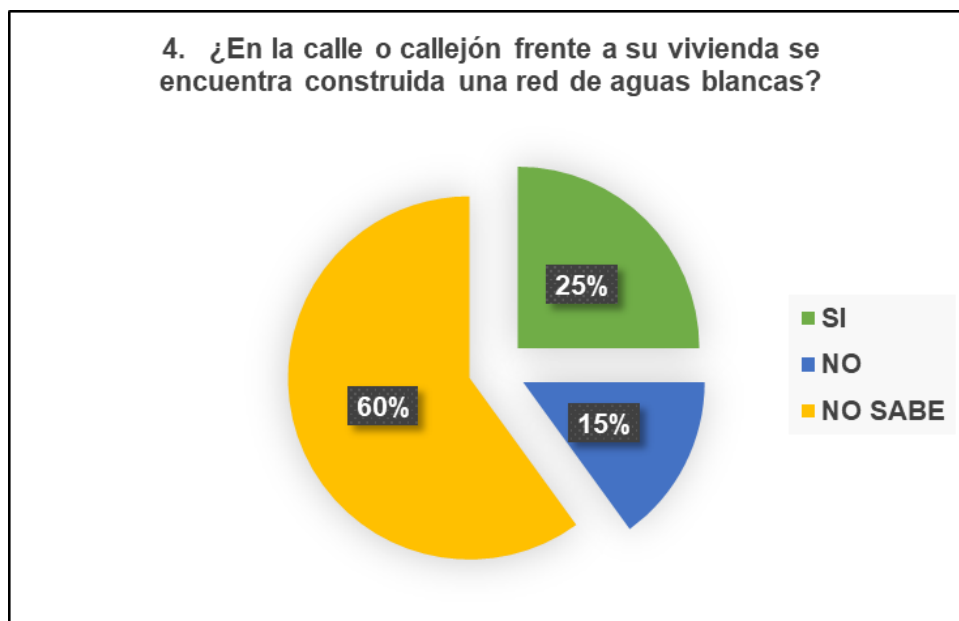


Figura 25. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 4
Fuente: autor (2023)

Análisis: de la pregunta anterior, se puede observar que un grupo equivalente al 60% de los encuestados no tiene idea de la ubicación de los acueductos públicos de la red, mientras que un 25% afirmó que frente a su vivienda si existe la tubería para la acometida de agua, y un último grupo afirmó que por el frente de su vivienda no pasa ninguna tubería.

- Pregunta 5: ¿Su vivienda posee toma de aguas blancas a ese acueducto de la red pública?

Tabla 14. Pregunta 5 de la encuesta estructurada

Pregunta 5: ¿Su vivienda posee toma de aguas blancas a ese acueducto de la red pública?		
SI	NO	NO SABE
119	71	48



Figura 26. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 5
Fuente: autor (2023)

Análisis: a las personas que respondieron de forma afirmativa en la pregunta número 4, se les consulto acerca de si ellos estaban conectados a esa tubería, siendo sus respuestas las mostradas en la tabla y en la gráfica anterior, dónde un 50% confirmaron poseer la acometida a esa red, un 30% dijeron no estar conectados a pesar de existir la red, afirmando que su propiedad es de reciente construcción, y por lo tanto no hicieron la conexión a una red inoperativa. Por último, un 20% dice no saber acerca de la pregunta.

- Pregunta 6: ¿Con que frecuencia percibe el servicio mediante el acueducto de la red pública?

Tabla 15. Pregunta 6 de la encuesta estructurada

Pregunta 6: ¿Con qué frecuencia percibe el servicio mediante el acueducto de la red pública?			
NO SE ABASTECE	SIEMPRE	NUNCA	INTERMITENTE
76	0	162	0

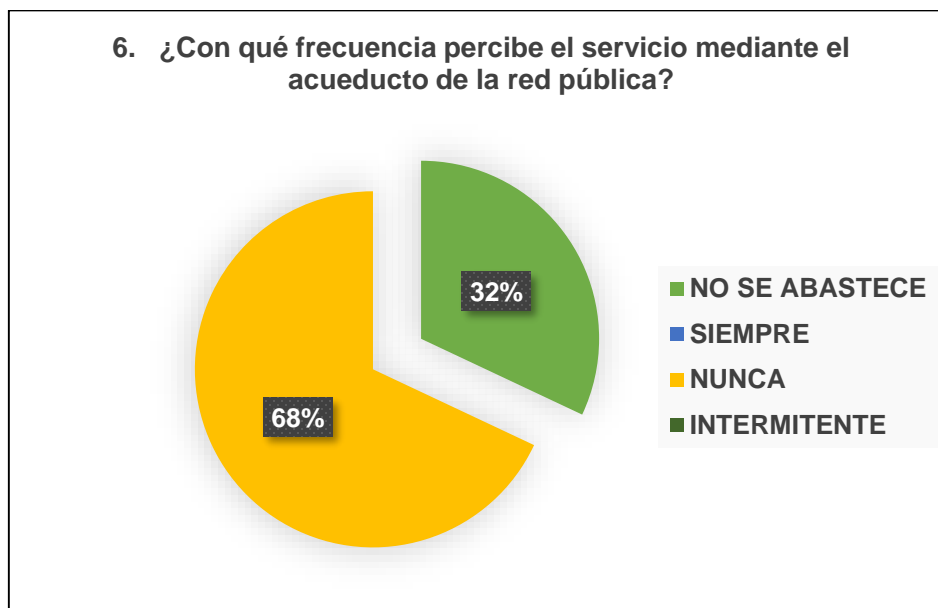


Figura 27. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 6
Fuente: autor (2023)

Análisis: en el caso de esta pregunta, el 100% de los consultados afirma no percibir el servicio de agua potable en su casa desde la red pública del sector, clasificando las respuestas en un 32% que señalaron que no poseen la toma de agua construida o conectada al acueducto, o simplemente no está construido el acueducto cerca de su propiedad, y un gran 68% indicó que no perciben el servicio de agua desde hace muchos años, por lo que entran en la categoría de “nunca”.

- Pregunta 7: ¿Cuál de las siguientes palabras encaja con su percepción sobre el servicio de aguas blancas de su comunidad?

Tabla 16. Pregunta 7 de las encuestas estructuradas

¿Cuál de las siguientes palabras encaja con su percepción sobre el servicio de aguas blancas de su comunidad?			
EXCELENTE	REGULAR	MALO	INEXISTENTE
0	0	53	185

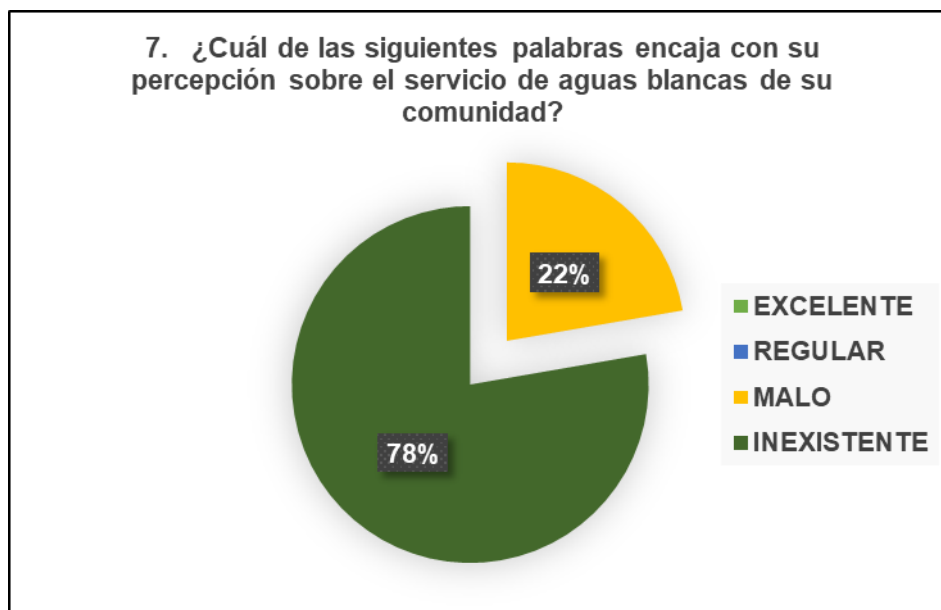


Figura 28. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 7
Fuente: autor (2023)

Análisis: partiendo de la pregunta realizada, se puede verificar que, de las opciones dadas, el 100% de los encuestados tildaron de manera negativa el servicio de aguas blancas en el sector, dividiendo en dos grupos las respuestas, donde un primer grupo correspondiente al 22% lo tildaron como malo, mientras que un 78% afirmó que el servicio era literalmente inexistente.

- Pregunta 8: ¿De qué forma obtienes el suministro de agua potable para su vivienda y uso cotidiano?

Tabla 17. Pregunta 8 de la encuesta estructurada

¿De qué forma obtienes el suministro de agua potable para su vivienda y uso cotidiano?			
CISTERNA	LLUVIA	OTRO SECTOR	OTRA
127	16	49	46

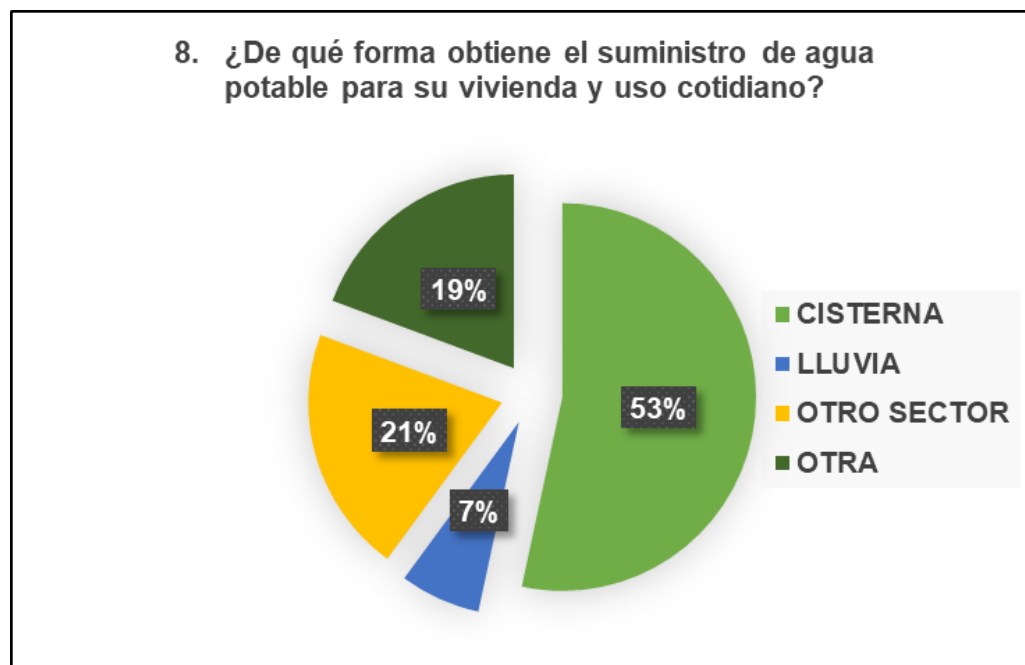


Figura 29. Resultados de las encuestas estructuradas, pregunta 8
Fuente: autor (2023)

Análisis: con esta pregunta se comprobó la forma mediante la cual los habitantes del sector El Granadillo obtienen el vital líquido para sus viviendas, obteniendo que un 53% de los habitantes lo obtienen comprando a cisternas privados, un grupo que representa el 21% logra abastecerse buscando agua desde otros sectores, 7% de los habitantes consiguen aprovechar los meses de invierno y recolectar agua de lluvia en tambores, y un grupo correspondiente al 19% de los residentes afirmaron que consiguen abastecerse de otra forma. Un ejemplo de ello son los diferentes habitantes que acarrear el agua desde un pozo de agua perteneciente a la empresa Veracer, mediante carretillas con tobos, visualizados en las diferentes visitas al sector, así como se muestra en la siguiente imagen.



Figura 30. Dispositivo empleado por los habitantes del sector para acarrear agua
Fuente: autor (2023)

4.3.1.2. Fuente de abastecimiento

Mientras estuvo en funcionamiento, la red de aguas blancas establecida en el Sector El Granadillo fue abastecida principalmente por los cursos de aguas subterráneas existentes en el lugar, provenientes de los aportes de las microcuencas de la zona. El punto de captación se encuentra localizado en las coordenadas geográficas $9^{\circ}18'20''$ N y $64^{\circ}22'42''$ O, desde donde se extraían las aguas empleando una electrobomba sumergible hacia la red constituida. Lo descrito ha sido confirmado a partir de las encuestas realizadas en el sector, así como se pudo apreciar en la figura 24.

A partir de este resultado se puede constatar que la mayoría de los habitantes han ratificado que, mientras estuvo en funcionamiento, se abastecía con las aguas encontradas en el subsuelo, extraídas hacia la red mediante un pozo profundo y equipo de bombeo. Por otra parte, un 21% de

los residentes afirma no saber de dónde se abastecía la red, y un 3% cree que se abastecía de un tanque elevado.

Cabe destacar que esta fuente de abastecimiento ha sido afectada en los últimos 15 años, producto del crecimiento demográfico y mayor densidad poblacional que ha ocurrido en las afluencias ESTE y SUR, así como han influido la deforestación, el calentamiento global, la contaminación de estas aguas por la actividad humana adyacente, y más reciente, el derrame de petróleo ocurrido a principios del pasado mes de octubre del año 2019, cuyo saneamiento no fue realizado oportunamente ni tampoco en su totalidad.

Debido a los factores mencionados, el nivel freático de aguas que abastecía este pozo ha mermado considerablemente, razón que invoca a realizar nuevos estudios para determinar si es posible continuar la extracción de agua desde allí, e igualmente realizar estudios de potabilidad debido a las crecientes actividades humanas que han contaminado la zona aguas arriba, en las vertientes que discurren hacia la zona del Sector El Granadillo.

4.3.1.3. Demanda de aguas blancas del sector

Llegados a este punto, se procedió a estudiar la cantidad de habitantes residentes en el Sector El Granadillo, la cual, según el último censo realizado por el consejo comunal, con fecha del 20 de octubre del año 2021, es de 1482 habitantes y 310 casas, cifras que dan como resultado una densidad de 29.13 hab/ha. Asignando una dotación per cápita de 200 L/hab/día, según las normas y modelos para estudios de campo y diseño de acueductos rurales (ACUERUR), se obtienen los gastos reflejados en la tabla 18, donde se resumen los gastos que demanda la población estudiada.

Tabla 18. Evaluación de caudales de El Granadillo (año 2022)

Variable	Características	Parámetro	Valor	Unidad
Datos básicos	Población (año 2022)		1.482	Habitantes
	Dotación per cápita (MARNR)		200	L/hab/día
	Dotación diaria		296.400	L/día
Gastos	Gasto medio (Qm)	Dotación diaria / 86400	3.431	L/s
	Gasto máximo diario (Qmax)	125%	4.288	L/s
	Gasto máximo horario (Qmax. Hor)	250%	8.576	L/s
	Total de consumo diario	$(Qm * 86.400) / 1000$	296,40	m3/día

Fuente: autor (2023)

4.3.1.4. Obras de almacenamiento

En el Sector El Granadillo fue ubicado, a finales del mes de noviembre del año 2017, un tanque de almacenamiento para aguas blancas. El mismo cuenta con una capacidad de almacenamiento neta de 125.000 litros (125 m³). Sin embargo, a la fecha de elaboración y presentación de esta investigación, el tanque a pesar de estar ubicado en sitio, el mismo no ha sido instalado ni incorporado a la red interna del sector, debido a la ausencia de las bases y otras piezas necesarias para concluir su activación, esto según los datos recibidos de las encuestas realizadas en el sector, en consecuencia, no ha sido incluido como elemento de la red existente.

Empleando el gasto medio, se procedió a estimar el almacenamiento requerido para la comunidad de El Granadillo, de la siguiente manera:

- Volumen para reserva de incendio:

Para este particular, se contempla un gasto de 10 L/s para viviendas aisladas, correspondiente al gasto asignado según el artículo 95 de la Gaceta Oficial N° 4103.

$$V_{\text{inc}} = 10 \text{ L/s} \times 4 \text{ h} \times 3.600 \text{ s} = 144,00 \text{ m}^3$$

- Volumen en caso de interrupción del servicio:

Según el INOS puede estimarse una reserva por bombeo en caso de interrupción del servicio, de un 25% del gasto medio.

$$V_{\text{bombeo}} = 3,431 \text{ L/s} \times 25\% \times 86.400 \text{ s} = 74,10 \text{ m}^3$$

- Volumen de reserva por consumo

$$V_{\text{consumo}} = 40\% \times 3,431 \text{ L/s} \times 86.400 \text{ s} = 118,56 \text{ m}^3$$

Tabla 19. Volumen de almacenamiento requerido para la población de El Granadillo (año 2022)

Variable	Características	Parámetro	Valor	Unidad
Almacenamiento	Reserva por consumo	40% Qm	118,56	m ³ /día
	Reserva para incendio	4 horas a 10 L/s	144,00	m ³ /día
	Reserva por bombeo	25% Qm	74,10	m ³ /día
	Total almacenamiento		336,66	m ³ /día

Fuente: autor (2023)

El tanque de almacenamiento proyectado a instalar para la población de El Granadillo cuenta con una capacidad máxima de 125.000 litros, por lo que no cumple con los volúmenes de agua que requiere la comunidad del sector según los análisis, cuyo volumen debe ser de al menos 336.660 litros de agua por cada día según los cálculos realizados establecidos en las normas del INOS.

4.3.1.5. Evaluación hidráulica de la red de distribución de agua potable (año 2022)

Se procedió a realizar la estimación de demanda de agua potable por tramo de la red existente, con el fin de verificar la capacidad hidráulica del actual sistema. Para ello, se contabilizaron las viviendas en cada tramo de la red, según el trazado que se muestra en la figura 22. Se asumió una dotación por unidad de vivienda de 1.500 L/día, según la tabla N° 7 del artículo N° 109 de la Gaceta Oficial 4.044, y la tabla B, del artículo N° 110, en donde se seleccionó una dotación de 40 L/persona/día para el plantel educativo existente en la zona, así como se muestra a continuación en la tabla 20.

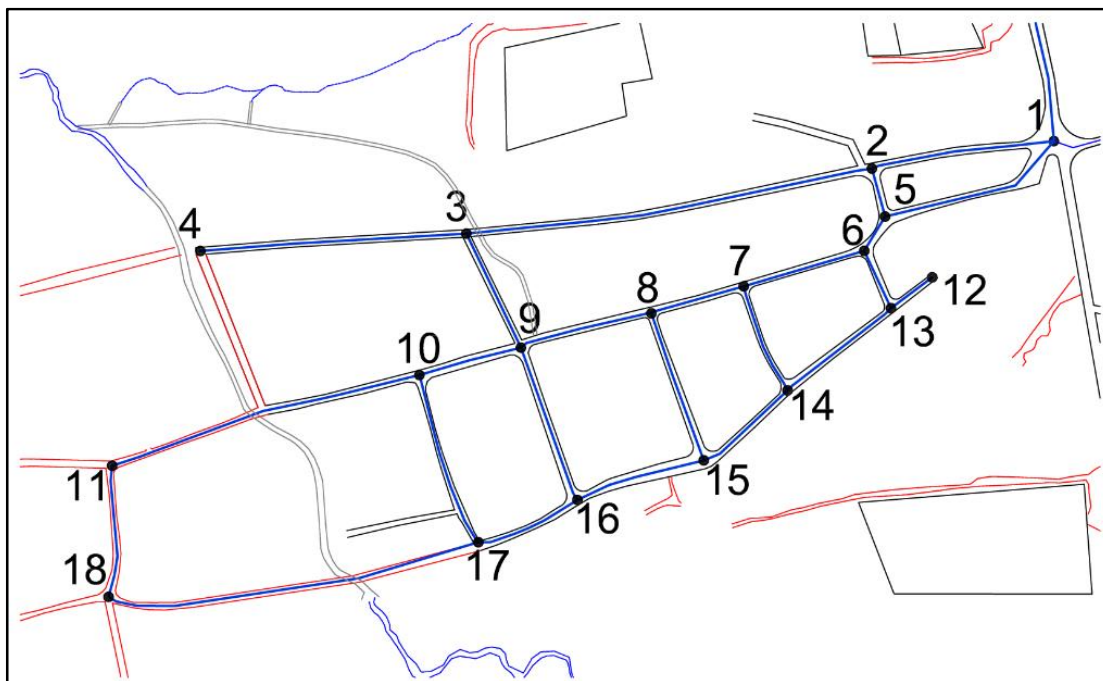


Figura 31. Esquema de distribución de agua potable, situación actual (año 2022).

Fuente: autor (2023)

Tabla 20. Dotación por tramos de acuerdo al uso

Tramo de red	Dotación para residencias	Dotación educacional	Dotación total por tramo (L/s)	Gasto máximo horario por tramo (250%) (L/s)
	Parcela unifamiliar (1500 L/día)	Uso externo (40 L/día/pers)		
1-2	12		0.20833	0.52083
2-3	42		0.72917	1.82292
3-4	19		0.32986	0.82465
1-5	15		0.26042	0.65104
5-6	3		0.05208	0.13021
2-5	1		0.01736	0.04340
6-7	12		0.20833	0.52083
7-8	15		0.26042	0.65104
8-9	15		0.26042	0.65104
3-9	0		0.00000	0.00000
9-10	7	200	0.21412	0.53530
10-11	20		0.34722	0.86806
12-13	8		0.13889	0.34722
6-13	3		0.05208	0.13021
13-14	14		0.24306	0.60764
7-14	7		0.12153	0.30382
14-15	14		0.24306	0.60764
8-15	16		0.27778	0.69444
15-16	14		0.24306	0.60764
9-16	15		0.26042	0.65104
16-17	9		0.15625	0.39063
10-17	24		0.41667	1.04167
17-18	22		0.38194	0.95486
11-18	4		0.06944	0.17361

Total = 311

ΣQ (L/s)=
5.49190

$\Sigma Q_{\text{máx}}$ (L/s)=
13.72975

Fuente: autor (2023)

Luego se comparan los caudales que demanda la red según los caudales máximos permitidos condicionados al diámetro de la tubería, por lo que se realiza una nueva tabla donde se comparan los diámetros de la tubería existente y los caudales de diseño, así como se muestra en la tabla 21 a continuación,

Tabla 21. Comparativa de diámetros seleccionados para en el actual sistema de distribución vs caudal máximo horario

Tramo de red	Q _{máx} horario por tramo (L/s)	Tubería de diseño	Diámetro	
			Pulg	Metros
1-2	0.520833	PVC	4	0.051
2-3	1.822917	PVC	4	0.051
3-4	0.824653	PVC	4	0.051
1-5	0.651042	PVC	4	0.051
5-6	0.130208	PVC	4	0.051
2-5	0.043403	PVC	4	0.051
6-7	0.520833	PVC	4	0.051
7-8	0.651042	PVC	4	0.051
8-9	0.651042	PVC	4	0.051
3-9	0.000000	PVC	4	0.051
9-10	0.535301	PVC	4	0.051
10-11	0.868056	PVC	4	0.051
12-13	0.347222	PVC	4	0.051
6-13	0.130208	PVC	4	0.051
13-14	0.607639	PVC	4	0.051
7-14	0.303819	PVC	4	0.051
14-15	0.607639	PVC	4	0.051
8-15	0.694444	PVC	4	0.051
15-16	0.607639	PVC	4	0.051
9-16	0.651042	PVC	4	0.051
16-17	0.390625	PVC	4	0.051
10-17	1.041667	PVC	4	0.051
17-18	0.954861	PVC	4	0.051
11-18	0.173611	PVC	4	0.051

Fuente: autor (2023)

Posteriormente se verifica si la condición cumple, observando los valores de caudales mostrados en la tabla 22.

Tabla 22. Caudal máximo admisible en función del diámetro de la tubería

Diámetros de tubería en función de gastos			
Diámetros		Velocidad máx (m/s)	Qmáx (L/s)
mm	pulgadas		
75	3"	0.70	3.05
100	4"	0.75	5.89
175	6"	0.80	14.14
200	8"	0.90	28.27
250	10"	1.00	49.09
300	12"	1.10	77.75
350	14"	1.20	115.45
400	16"	1.25	157.10
450	18"	1.30	206.78
500	20"	1.40	274.90
600	24"	1.60	452.39
750	30"	1.60	729.60

Fuente: M.S.A.S (1988)

La red de abastecimiento instalada actualmente en el Sector El Granadillo de Cantaura cumple con la capacidad hidráulica necesaria para satisfacer la demanda poblacional residente en el sector, tomando en cuenta los caudales que la red demanda versus los diámetros instalados. Sin embargo, a pesar que la red cumple por diámetros, el problema principal radica en fallas en su distribución, tuberías rotas y fisuradas, tomas clandestinas no controladas, ausencia de mantenimientos preventivos y correctivos en la red, y fallas en el equipo de bombeo. Por tal motivo, se considera mejor opción la construcción de un nuevo sistema de distribución de aguas blancas.

4.3.1.6. Evaluación hidráulica de la red de aguas blancas (año 2022), mediante el programa “WaterCAD”

Configuración del modelo

Se realizó una simulación del sistema de abastecimiento de la red de distribución de agua potable existente mediante el programa “WaterCAD”, en donde fue necesaria la introducción de datos específicos según los criterios establecidos para lograr la simulación del funcionamiento de la red.

El programa “WaterCAD” es un programa eficaz y confiable, que permite hacer tanto el análisis como el diseño de acueductos, ahorrando tiempo y arrojando resultados confiables, posee diferentes herramientas y tipos de cálculo complementarios al análisis hidráulico convencional.

Para iniciar el uso del programa se hace clic en el icono de “WaterCAD” y aparecerá la siguiente ventana.

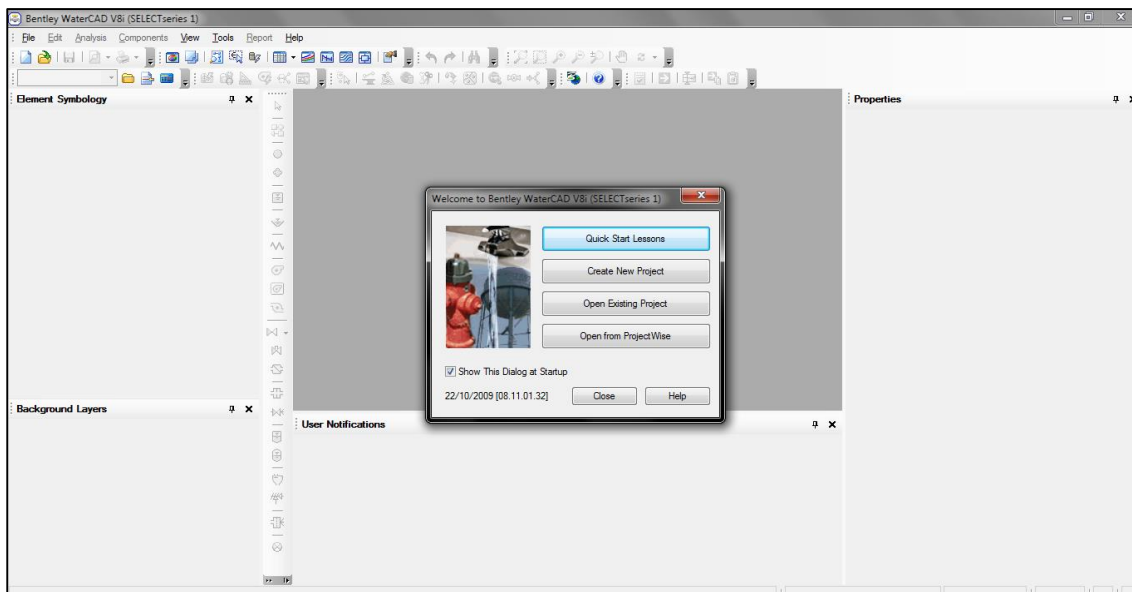


Figura 32. Inicio de “WaterCAD”
Fuente: autor (2023)

El primer paso sería elegir en la opción “*Create New Project*” para así tener acceso a la ventana de trabajo de “*WaterCAD*” esto permitirá crear un nuevo proyecto. La entrada de datos al programa es sencilla; estos se introducen a través de ventanas, donde muestran diversas alternativas al usuario para describir la red de acueducto que se desea simular o diseñar.

Seguidamente se selecciona “*File*”, luego “*Project Properties*”, surgirá una ventana para introducir el nombre del proyecto, proyectista, fecha de creación y agregar algún comentario, tal como se muestra en la figura 33

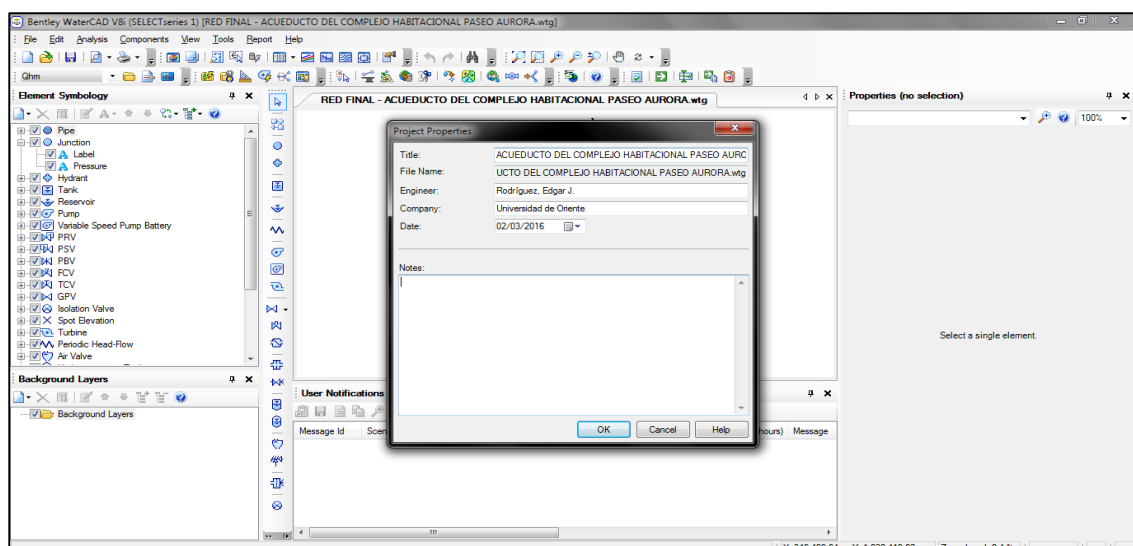


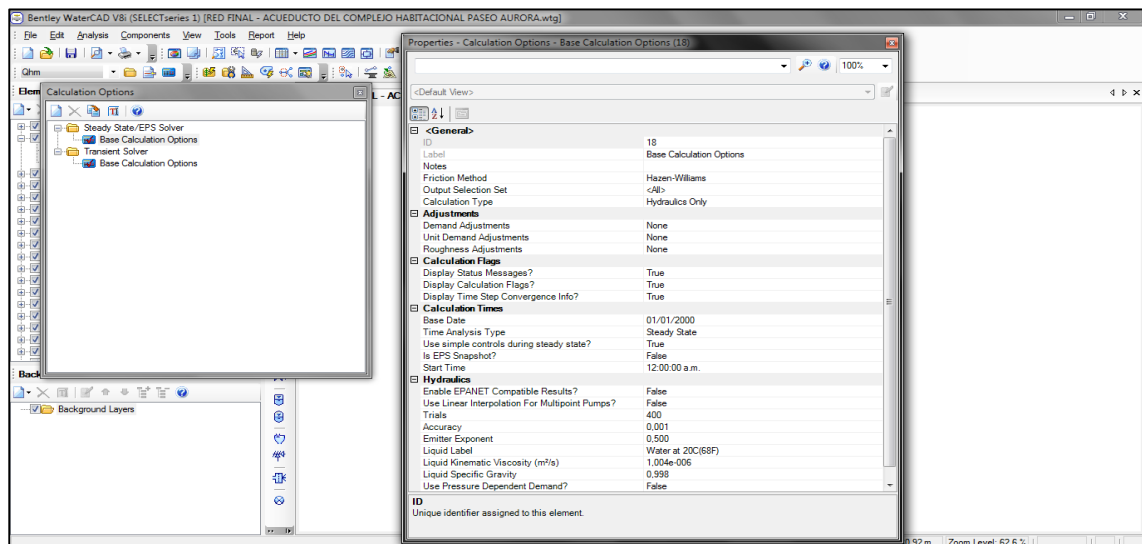
Figura 33. Información del proyecto

Fuente: autor (2023)

Posteriormente, se hace clic en “*Analysis*” continuamente en “*Calculation options*” y aparecerá una ventana arrojando dos opciones de cálculo, donde se escoge Análisis Hidráulico en Periodo Estático, también conocido como “*Analysis Steady State*”.

A continuación, como se muestra en la figura 34, en esta ventana se introduce los datos referidos para el cálculo, entre los que se encuentra el método para el cálculo de las presiones, para el coeficiente de fricción de

acuerdo al material de la tubería, el tipo de líquido que transportara la tubería y su temperatura. En la realización de este proyecto se utilizó el coeficiente de fricción de Hazen-Williams ($C=150$) y se trabajó con el agua a 25°C , estos datos vienen dado por defecto en el *programa*. Para los parámetros restantes de esta ventana se optó por ocupar los preestablecidos por “*WaterCAD*”.



**Figura 34. Determinación del fluido a modelar y ecuación de pérdida.
Fuente: Autor (2023)**

Antes de empezar a montar el modelo se deben configurar ciertas opciones para el diseño del proyecto. Para ello se selecciona *Tools* en la lista de comandos ubicada en la parte superior, y en el menú que se despliega se hace clic en “*Options*”, y en la ventana emergente clic en el botón “*Units*” y allí se verifica que las unidades del proyecto sean las del Sistema Internacional (SI). Seguidamente se debe seleccionar “*Drawing*”, existen dos formas de dibujar en “*WaterCAD*” la primera es escalar, está se utiliza cuando se exportan planos desde AutoCAD con medidas reales del proyecto, este es el modo a utilizar en el proyecto. La segunda opción de dibujo es el modelo esquemático en el que se dibuja directamente en la plantilla que trae por defecto “*WaterCAD*” y el proyectista asignará las longitudes de las tuberías.

Además de esto, en esta venta el programa ofrece la opción de elegir el tamaño de los símbolos y textos del diseño. Como se muestra en la figura 35

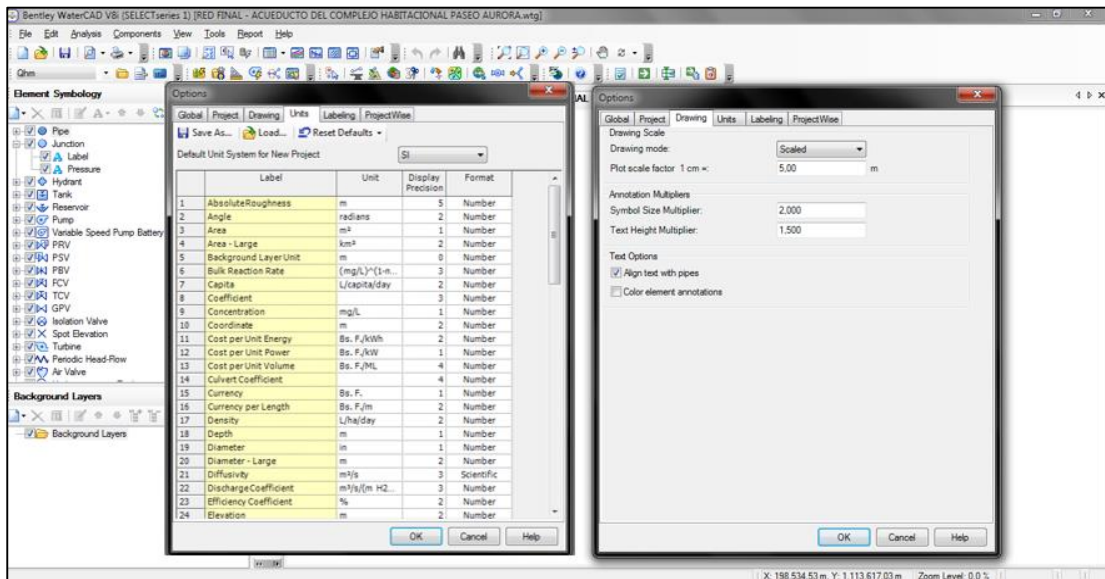


Figura 35. Configuración del sistema de unidades

Fuente: Autor (2023)

Luego de tener la configuración del sistema de unidades se procede a elección del prototipo de tubería a utilizar, en la figura 36 se puede observar la elección del tipo de material a utilizar.

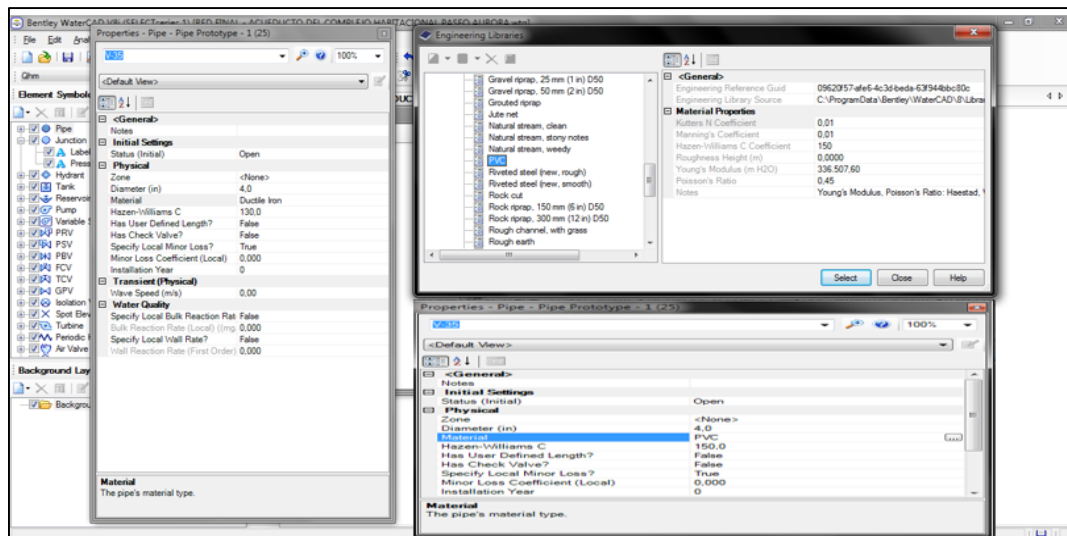


Figura 36. Configuración del prototipo

Fuente: autor (2023)

Creación del prototipo de la red

Una vez finalizada la configuración del proyecto, se procedió a la creación de la red. Este paso se realizó adjuntando el trazado de la red realizado en AutoCAD con el propósito de obtener una mayor precisión y exactitud respecto a la ubicación y dimensiones de los elementos del acueducto, la cual está compuesto por 24 tramos de tubería y 18 vértices, considerando por vértices, los puntos donde se interceptaban dos o más tuberías y los puntos donde cambiaba de sección o diámetro.

Introducción de datos de consumo.

Una vez de haber finalizado los cálculos de los distintos consumos por tramo, se introdujo los respectivos datos en cada elemento integrante de la red de acueducto resultante, donde se seleccionaron los siguientes datos de consumo medio:

- **Por nodos:** una vez que se determina el consumo medio para cada tramo se hace la repartición de los gastos en cada nodo, luego se procedió a establecer la enumeración tanto a los nodos como a las tuberías.
- **Unidades de diámetros:** el programa “*WaterCAD*” tiene la opción de expresar los diámetros de las tuberías existentes en el sistema en varias unidades como son: metros, pulgadas y milímetros, pies, entre otras. En el diseño realizado se seleccionó la pulgada como unidad de diámetro basándose en que en la actualidad es una de las unidades más utilizadas por los fabricantes.
- **Coeficiente de Hazen-Williams:** “*WaterCAD*” presentan los coeficientes de fricción para los materiales más utilizados. En el presente sistema de abastecimiento propuesto para la zona de estudio se trabajó con tuberías de PVC, la cual tiene un valor de $C=150$

- **Perdidas especiales:** “*WaterCAD*” evalúa las pérdidas en todos los nodos, donde existan válvulas, codos, reducciones, etc., y dependiendo de la longitud, el *programa* expresa las perdidas en metros de columna de H₂O.
- **Casos de demanda:** el programa “*WaterCAD*” permite la creación de escenarios de los diferentes consumos que se seleccionaron para el cálculo y así poder analizar los nodos del sistema con cada uno de los casos de demanda, la cual se realizó una corrida de la simulación hidráulica para cada escenario y así tener un acueducto optimo que cumpla con los diferentes parámetros de consumos que puede tener la red.

Para esta evaluación del consumo fue evaluado, según lo manifestado en la estimación de gastos de agua potable, presentado subtítulo 4.3.1.3 del presente capítulo. Lo cual los casos de demandas fueron:

- Consumo medio
- Consumo medio diario
- máximo horario
- Consumo de incendio

Los vértices o nodos son representados por círculos y es en estos puntos donde se concentran los valores de consumos medios previamente calculados. Para introducir los valores en cada vértice se procede a hacer clic en Tools que se encuentra en la barra superior de las herramientas del *programa*, continuamente se elige la opción de “*Demand Control Center*” y se procede a ingresar los datos de consumo en cada nodo correspondiente como se muestra en la figura 37

En la figura 38 se puede observar las características de las tuberías a utilizar, donde se indica el tipo de material, diámetro, coeficiente de fricción, etc. Los valores de las longitudes de las tuberías son automáticamente

cargados por “WaterCAD” al momento de haber adjuntado el plano de AutoCAD.

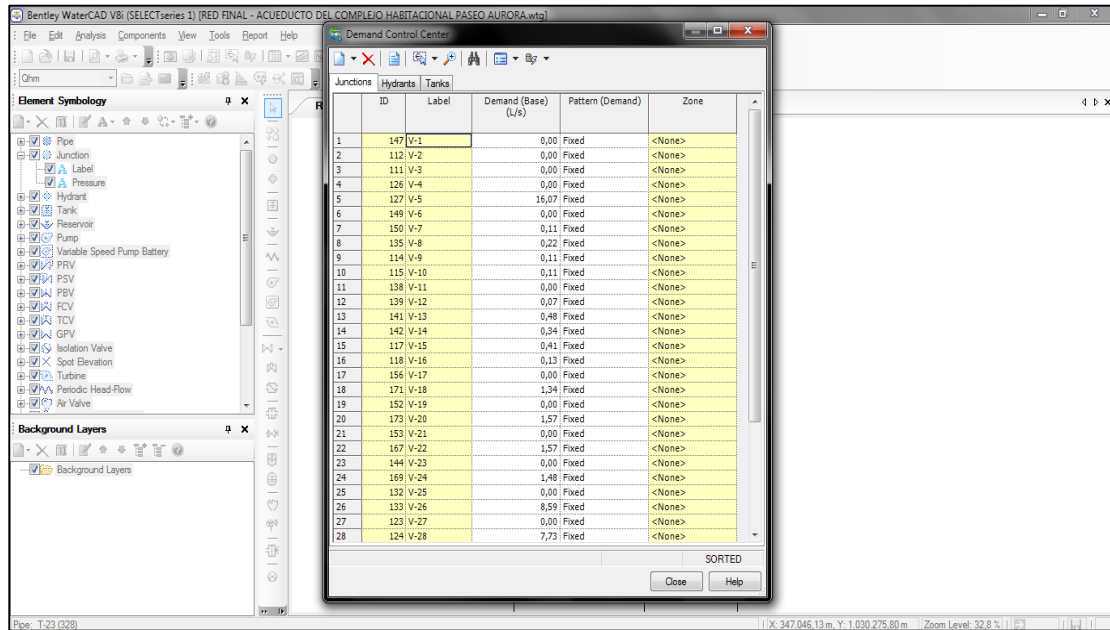


Figura 37. Introducción de datos de consumo en cada nodo.
Fuente: autor (2023)

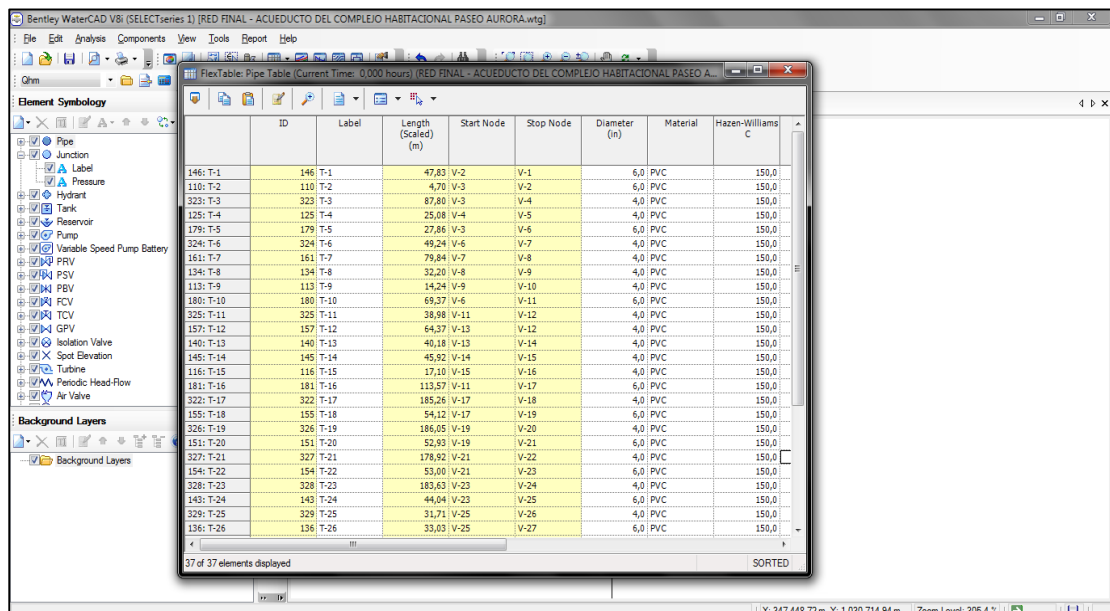


Figura 38. Elección del diámetro y tipo de material de las tuberías.
Fuente: autor (2023)

Corrida del proyecto

Una vez introducidos los datos de todos los elementos que integran la red, se dio inicio a la simulación a cada uno de los escenarios creados para los diferentes tipos de consumo. Al hacer clic en la opción “*Validate*” del programa el indicara si existe o no algún error en el diseño.

Luego se procede a calcular la red y verifican los resultados con a las normas, específicamente en las presiones y velocidades económicas y así establecer los diámetros definitivos a través de predimensionamiento, comenzando con los diámetros que se encuentra en el mercado. A través de las simulaciones se hallaron los diámetros definitivos para el buen funcionamiento del sistema.

FlexTable: Junction Table	
Label	Pressure (m H2O)
V-1	37,23
V-2	35,01
V-3	34,86
V-4	33,34
V-5	33,44
V-6	34,18
V-7	34,91
V-8	36,02
V-9	36,50
V-10	36,70
V-11	32,61
V-12	33,10
V-13	32,79
V-14	32,14
V-15	32,22
V-16	32,59
V-17	28,58
V-18	28,52

RED FINAL – ACUEDUCTO .
GRANADILLO SITUACIÓN
EXISTENTE 2020.w1g
20/08/2020

Bentley Systems, Inc. Haestad
Methods Solution Center
27 Siemon Company Drive Suite
200 W Watertown, CT 06795 USA
+1-203-755-1666

Bentley WaterCAD CE
(SELECTseries 6)
[08.11.06.53]
Page 1 of 1

Figura 39. Resultados de las presiones en cada vértice
Fuente: autor (2023)

Después de haber analizado los datos obtenidos con los diámetros definitivos. En cuanto a presión se observó valores satisfactorios durante el recorrido del diseño, cumpliendo con el criterio de Mijares (1983) donde indica que en zonas rurales con población hasta 5000 habitantes recomienda una presión máxima 40 m de altura de agua (m H₂O) y una presión mínima de 10m de altura de agua (m H₂O).

En la figura 39 se puede observar resultado las presiones en cada vértice del acueducto, obteniendo como la presión más desfavorable en el vértice 18 que es de 28,52 m H₂O.

4.3.2. Análisis de las actuales condiciones de la red de aguas residuales (año 2022)

Llegados a este punto, al procurar realizar el análisis de las redes de recolección de aguas servidas en el Sector El Granadillo de la ciudad de Cantaura, se encontró la situación de la inexistencia de estas redes, hecho que se pudo constatar y verificar mediante las encuestas estructuradas realizadas en el sector, y encuestas no estructuradas realizadas a personal de la alcaldía del municipio y de HIDROCARIBE. A continuación, serán mostradas y analizadas las preguntas realizadas a los residentes del sector.

- Pregunta 9: El Sector El Granadillo posee una red de recolección de aguas servidas

Tabla 23. Pregunta 9 de la encuesta estructurada

Pregunta 9. El Sector El Granadillo posee una red de recolección de aguas residuales		
SI	NO	NO SABE
2	228	8

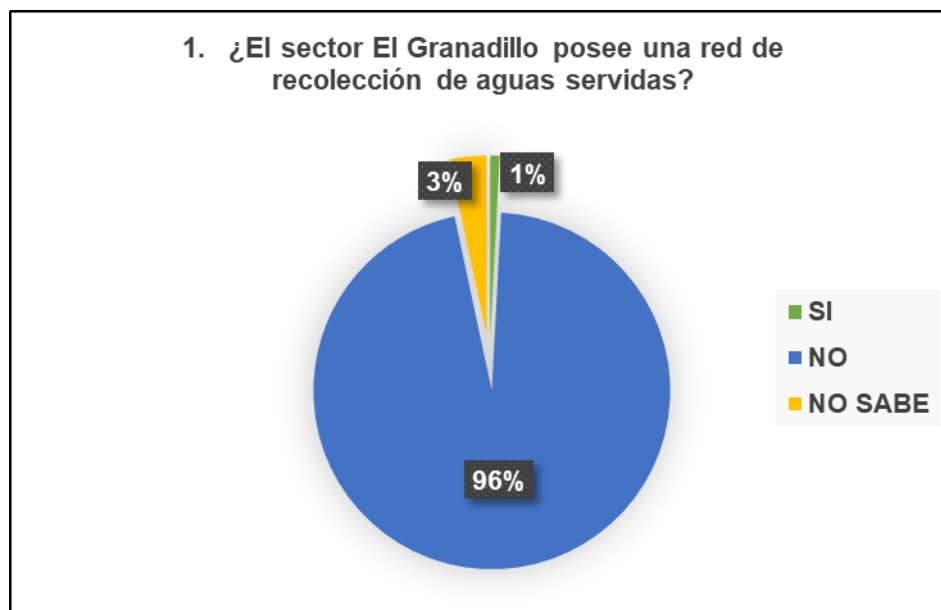


Figura 40. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 9
Fuente: autor (2023)

Análisis: como se puede observar, el 96% de los encuestados afirmó que en el Sector El Granadillo no está construida una red para la recolección de aguas residuales, un grupo del 3% de los residentes afirma no saber nada al respecto, mientras que un 1% piensa que si existe un sistema cloacal en el sector.

- Pregunta 10: ¿En la calle o callejón frente a su vivienda existe un colector de aguas servidas?

Tabla 24. Pregunta 10 de la encuesta estructurada

¿En la calle o callejón frente a su vivienda existe un colector de aguas servidas?		
SI	NO	NO SABE
0	215	23

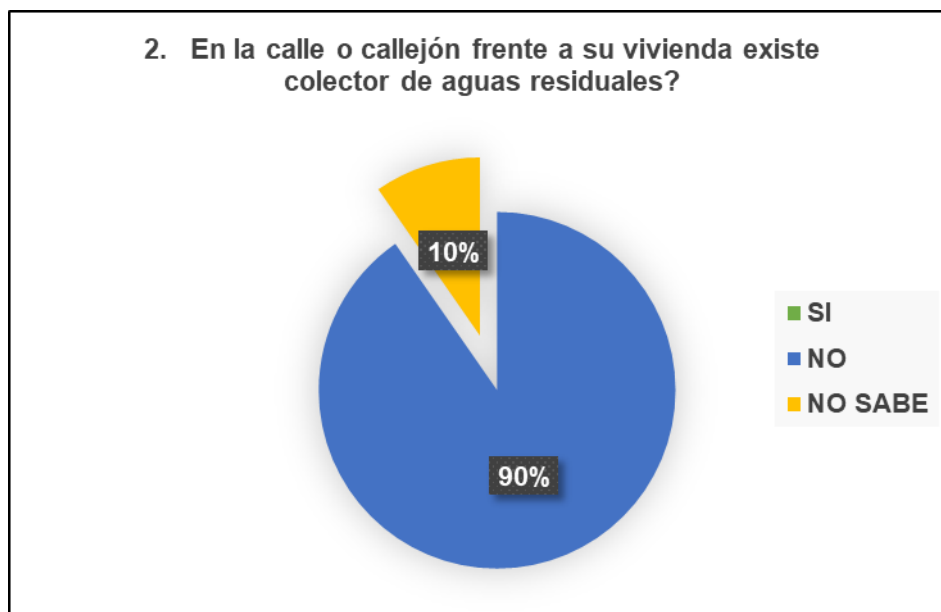


Figura 41. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 10
Fuente: autor (2023)

Análisis: para conocer la cobertura del sistema (de existir) se planteó la pregunta 10, mediante la cual se pudo constatar que un 90% de los encuestados afirmo que frente a su vivienda no existía ningún colector, y un grupo correspondiente al 10% indico no saber algo sobre la pregunta

- Pregunta 11. Hacia donde son dispuestas las aguas residuales de su vivienda

Tabla 25. Pregunta 11 de la encuesta estructurada

Pregunta 11. ¿Hacia dónde son dispuestas las aguas residuales de su vivienda?			
COLECTOR	SÉPTICO	MEDIO AMBIENTE	OTRO
0	235	3	0

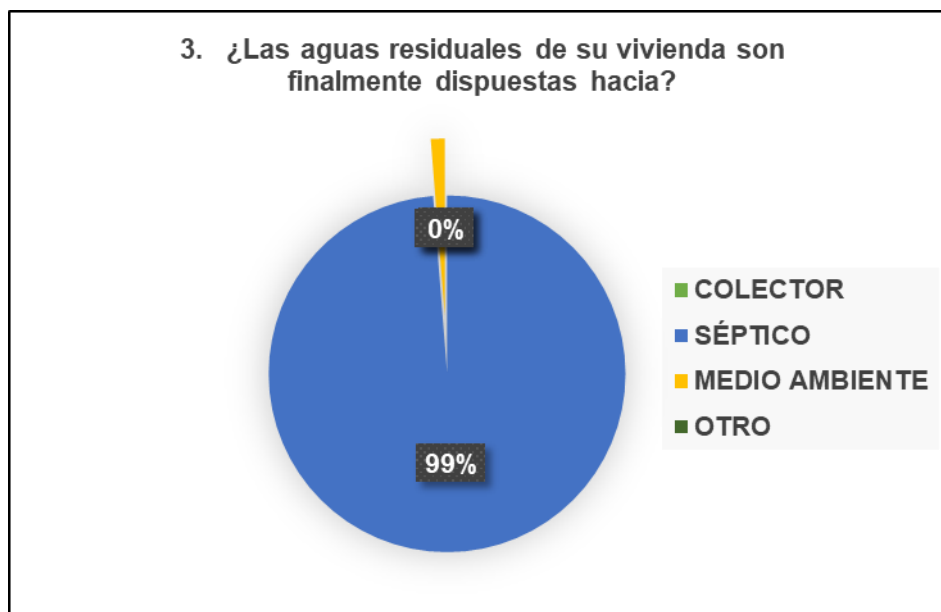


Figura 42. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 11
Fuente: autor (2023)

Análisis: ante esta pregunta, el 99% de los encuestados respondió que los residuos de sus viviendas son finalmente dispuestos hacia pozos sépticos construidos por ellos mismos, mientras que un escaso 1% respondió que arroja los residuos directamente hacia el medio ambiente.

- Pregunta 12. ¿la alcaldía u otro ente gubernamental facilita equipos para achique de los pozos sépticos en el sector?

Tabla 26. Pregunta 12 de la encuesta estructurada

Pregunta 12. La alcaldía u otro ente gubernamental facilita equipos para achique de los pozos sépticos en el sector		
SI	NO	NO SABE
1	233	4



Figura 43. Resultado de las encuestas estructuradas, pregunta 12
Fuente: autor (2023)

Análisis: de esta pregunta se obtuvo una respuesta en su mayoría negativa por parte de los encuestados, quienes afirmaron que la alcaldía no ha enviado los camiones de achique desde hace mucho tiempo, por lo que los pozos sépticos se encuentran casi saturados.

Una vez analizadas las preguntas realizadas y las respuestas dadas por los residentes, se logró constatar lo mencionado inicialmente, que el sector no cuenta con redes de recolección de aguas residuales. Partiendo de esto se deseó investigar acerca del porque no han sido construidas estas redes, aun con la antigüedad de la zona, la cual es de más de 30 años para la fecha de presentación de este proyecto.

A continuación, se analizarán las causas por las cuales no se encuentra construido un sistema de aguas negras en esta parte de la ciudad

Primeramente, el sector y su entorno pertenecen a un conglomerado de lugares periféricos de la ciudad que deben ser reestructurados en su totalidad debido a variables de carácter ecológico, socioeconómicas y geográficas, así como se pudo observar en el capítulo I, numeral 1.3.5, en donde se aprecian las variables o normas urbanas que rigen los parámetros que debe seguir el crecimiento de la ciudad. En el texto se puede apreciar que parte de la zona del Sector El Granadillo tiene fines de lugares de esparcimiento, áreas verdes y parques urbanos, por lo que debe ser resguardada e impedir la proliferación de lugares de residencias en el entorno, principalmente por las cercanías con la rivera del Río Aragua y otros cuerpos de agua de menor relevancia. Así mismo, en el año 2015 fue realizado mediante decreto municipal, la protección de las áreas verdes que se encuentran en el Oeste de la ciudad, incluyendo por supuesto el área donde está construido el sector.

Por otra parte, otra de las variables urbanas señala que el lugar tiene como fin la construcción e implantación de servicios de carácter regional, por lo que se prevé que sean construidas otras obras y edificaciones destinadas al desarrollo socioeconómico de la zona, como lo son actualmente el Cuerpo de Bomberos, la Universidad de Oriente y el Terminal de Pasajeros. Por último, se establece que cualquier edificación construida en la zona estará sujeta a ciertas restricciones constructivas, y además contar con determinadas características para que su implantación no interfiera con los planes de desarrollo urbano local de la ciudad.

Tomando en cuenta esta situación, es importante destacar que la trama urbana instaurada en la zona no se encuentra consolidada ni mucho menos ha sido consonó con las características deseadas, por lo que la construcción de un sistema de recolección de desechos implica que en el futuro dicha red sería destruida o puesta fuera de servicio debido a nuevos lineamientos de vialidades, trama urbana y edificaciones o zonas de esparcimiento.

Sumado a la deficiente y mal planificada trama urbana, se tienen que tomar en cuenta las variables mencionadas en el Capítulo I, numeral 1.1, en donde de manera preliminar se describieron algunas de las razones por las que la zona no cuenta con un sistema de aguas residuales. A continuación, serán descritas y analizadas cada una de ellas.

- **Alto nivel freático:** en el área donde se encuentra construido el Sector El Granadillo predomina un alto nivel freático, el cual se encuentra a escasos 2 metros de profundidad en algunas zonas. La razón de este fenómeno se debe a las cercanías de la cuenca del Rio Aragua, cuyo cauce conforma una vega llana y amplía a lo largo de su recorrido, y cuyo material litológico adyacente está conformado por arenas limosas permeables con alto porcentaje de arcillas expansivas. Tomando en cuenta que la construcción de un sistema de recolección de desechos pasa por la excavación de zanjas en el suelo, cuyas profundidades suelen oscilar desde 1,50 metros hasta los 5 metros, sería inminente la aparición de las llamadas “bombas” y suelos con baja capacidad portante durante la ejecución de la obra, poniendo en riesgo el personal, maquinarias y equipos empleados para tal fin.
- **Suelo arcilloso:** el suelo donde se encuentra instaurado el sector El granadillo tiene la particularidad de estar conformado por un gran porcentaje de arcillas expansivas. Este tipo de suelos poseen la singular característica de ser cohesivos, es decir, sus partículas se unen en presencia de humedad, y por el contrario, en presencia de calor se expanden. Esta cualidad no es deseada para ninguna obra de ingeniería debido a los factores económicos que acarrea realizar los mejoramientos de suelos necesarios para evitar los asentamientos y fatigas en los materiales de construcción producto de los movimientos del suelo.

- **Inundaciones:** toda el área donde se emplaza el Sector El Granadillo ocupa tierras que forman parte de un sistema natural de drenaje de aguas. Esta zona pertenece a las nacientes del Río Aragua, y a su afluente escurren diversas quebradas, arroyos y pequeños cursos de agua de flujo intermitente, los cuales suman grandes caudales en invierno, colocando en extremo riesgo de inundaciones a gran parte del Sector. En la siguiente imagen se puede apreciar la zona conformada por el sector el granadillo, y se puede comparar las zonas que están clasificadas como “inundables” debido a la altimetría y permeabilidad del suelo.



Figura 44. Ilustración de zona inundable en el Sector El Granadillo
 En base a la proyección de las cotas que conforman la vega del río
 Fuente: autor (2023)

- **Relieve accidentado:** el lugar donde se encuentra establecido el Sector El Granadillo se caracteriza por presentar, de manera general, un relieve accidentado y erosionado por acción de las corrientes de agua que

discurren en la zona, siendo relevante el cauce del Rio Aragua. Así mismo, el entallamiento y disección de los suelos ha dado lugar a lugares escarpados en partes del sector, cuya condición ha sido moderada en algunas zonas por la municipalidad y los habitantes a partir del relleno y moldeado de estos suelos. Esta condición interfiere de manera sustancial en el desarrollo del sector y en cualquier obra de ingeniería a construir allí, como en efecto lo puede ser un sistema de alcantarillado sanitario.

- **Zona de disposición final:** Toda el área del Sector El Granadillo se encuentra relativamente aislada de servicios sanitarios existentes, principalmente por razones altimétricas, lo que conlleva a que no puedan conducirse ningún flujo de aguas servidas hacia alguna de las redes ya construidas en las adyacencias. Por otra parte, debido a sus cercanías a la cuenca del Rio Aragua suele tornarse algo inadecuada la construcción de instalaciones para el tratamiento de las aguas por razones de contaminación ambiental, incidiendo en factores económicos y constructivos significativos.

Considerando cada una de las variables señaladas en líneas anteriores, la construcción de una red de aguas negras en el lugar representa cuantiosos factores a considerar, versus el beneficio de conducir los desechos humanos hacia un mejor lugar de tratamiento, siendo un proyecto poco factible hasta no consolidar la trama urbana deseada en el lugar, y sean activados mecanismos de tratamiento adecuados para las aguas recogidas en el sistema. Sin embargo, se prevé que la zona permanezca con la trama urbana actual por un periodo de tiempo largo, por lo que se torna evidente que puede ser necesario implementar una solución a la problemática actual.

A manera de presentar las variables anteriormente analizadas, se presenta el siguiente cuadro resumen donde se pueden observar todos los motivos mencionados anteriormente.

Tabla 27. Cuadro resumen de causas que privan la construcción de una red de aguas servidas en el Sector El Granadillo

Motivo	Descripción del problema
Zonificación urbana	El área limita la construcción de viviendas y su proliferación, además, está planificada la instauración de servicios micro regionales, adecuación de parques urbanos y áreas de esparcimiento, siendo una zona no condicionada para un uso residencial
Alto nivel freático	La zona completa presenta un alto nivel de aguas subterráneas debido a la presencia del río, por lo que las excavaciones en la zona pueden dificultarse debido a los fenómenos denominados “bombas”
Suelo arcilloso	Las excavaciones en este tipo de suelos suelen representar el uso de equipos con mayor poder que los convencionales debido a la cohesión de las partículas de arcilla, representando mayores costos de inversión. Igualmente, los suelos arcillosos presentan contracción y expansión en la medida que su porcentaje de humedad varía, por lo que esta variación puede influir en el replanteo de las rasantes y bocas de visita
Inundaciones	Gran parte de la zona está supeditada a la probabilidad de inundaciones, debido a la vega llana y poco profunda del río. Esta variable influye en la factibilidad del proyecto en general y en los riesgos constructivos en caso que se planifique durante los meses de invierno.
Relieve accidentado	La erosión y entallamiento de la zona ha dado paso a un relieve escarpado en algunas áreas, incidiendo en la dificultad de construcción y condicionando además las características constructivas de cualquier obra civil a proyectar en el lugar.
Zona de disposición final	Predomina una condición de ausencia total de redes existentes cercanas con altimetría suficientemente baja para llevar las aguas hasta allí, aunado a los altos costos de plantas de tratamiento o lagunas de oxidación

Fuente: autor (2023)

En vista de lo planteado anteriormente, se considera necesaria la construcción de un sistema de recolección de aguas residuales para el sector, con el fin de parar la contaminación ambiental que suscite en el lugar, trayendo además el beneficio para los habitantes de la comunidad. La propuesta de este sistema se encuentra en el numeral 4.3.2 del presente capítulo.

4.4. Elaboración de un nuevo diseño para la red de abastecimiento de agua potable y red de recolección de aguas servidas, considerando las normas INOS-1975, MSAS-1988 y MARNR-1999

En cuanto a la red de distribución de agua potable existente en el sector El Granadillo, se conoce que la misma solo fue construida en una parte del sector, así como se pudo observar en la imagen 21, capítulo 4, numeral 4.3.1.1. Por este motivo se ha de realizar un análisis económico para conocer qué proyecto es más factible a realizar, tomando en cuenta dos opciones.

- Primera propuesta: realizar todas las reparaciones necesarias en la tubería existente, en los tramos donde la misma está rota o fisurada debido a los años en desuso, así como desincorporar tomas clandestinas. Construir la red en las áreas que no fueron cubiertas por la primera red y realizar las conexiones en esta área.
- Segunda: realizar una nueva red en toda la extensión del granadillo, cubriendo la zona donde ya existe tubería y la zona donde no ha sido construido el sistema.

Debido a la obsolescencia de las actuales estructuras de distribución de aguas blancas que se encuentran en la comunidad en estudio, aunado a las futuras reparaciones que puede acarrear la activación de la primera red, en las siguientes líneas se propone la construcción de un nuevo sistema, considerando las posibles variables urbanas que pueden ocurrir a corto y mediano plazo en la zona, destacando que para este estudio ha sido tomado en cuenta que la zona en estudio presenta una trama urbana no consolidada y propensa a desaparecer, y por ende, toda obra ejecutada en el lugar se presume que ha sido concebida con carácter temporal, con un corto periodo de diseño.

4.4.1. Red de aguas blancas

4.4.1.1. Selección de la fuente de abastecimiento

Llegados al punto de encontrar las posibles fuentes de abastecimiento de agua potable para el Sector El Granadillo de Cantaura, se encuentran 3 alternativas reales que a continuación se analizarán.

- **Cauce del Río Aragua (Quebrada de Trapichito):** como primera alternativa se encuentra el abastecimiento del caudal proveniente del Río Aragua, el cual es un curso de agua de bajo gradiente relativamente suficiente para el consumo del Sector.
- **Tanque de abastecimiento:** como segunda solución, se tiene la posibilidad de instaurar en sitio un tanque de almacenamiento de agua potable que permita cubrir el consumo del sector, mismo que se abastecería mediante el acueducto principal de la ciudad o pozo profundo.
- **Pozo de agua propio:** la tercera alternativa pasa por la construcción o rehabilitación de un pozo de agua en el sector, el cual permita el abastecimiento de agua directo a las viviendas o a una obra de almacenamiento.

Una vez planteadas las alternativas de abastecimiento para la red de agua potable del sector, se determinó que la mejor alternativa es una solución combinada mediante la implantación de un tanque de almacenamiento y la puesta en marcha del pozo de agua existente en el sector. La alternativa propuesta representa una solución rápida y eficiente para la zona, cuyo alcance estaría limitado al sector El Granadillo.

4.4.1.2. Período de diseño

Con el fin de garantizar un correcto funcionamiento del sistema de abastecimiento, se debe obligatoriamente fijar el período de vida útil de los componentes del sistema.

Por período de diseño de un sistema de abastecimiento de agua o de sus componentes, se entiende al lapso de tiempo comprendido entre la puesta en servicio y el momento en el que su uso sobrepase las condiciones establecidas de diseño, por falta de capacidad para prestar un buen servicio.

Por consiguiente, los dos aspectos principales que intervienen en el período de diseño son: la durabilidad de las instalaciones y su capacidad para prestar un buen servicio, de acuerdo a las condiciones previstas.

La durabilidad de las instalaciones dependerá de los materiales y equipos empleados; la calidad de construcción; las condiciones externas, tales como desgaste, corrosión, entre otras, a que estén expuestas, y el mantenimiento al que estén sometidas. Para este proyecto se seleccionaron los periodos de diseño mostrados en la siguiente tabla.

Tabla 28. Periodos de diseño del sistema

Periodo de diseño	
Estaciones de bombeo	10 años
Plantas de tratamiento	20 años
Tuberías	20 años
Estanque de almacenamiento	30 años

Fuente: autor (2023)

4.4.1.3. Población de diseño

Una vez fijado el período de diseño, se estableció la población de diseño. Debido a que se cuenta con información suministrada por los consejos comunales de las comunidades en estudio, la estimación de la población futura se realizó empleando el método de crecimiento geométrico, considerando una tasa de crecimiento anual uniforme para toda la comunidad del Municipio Freites. Tomando en consideración los datos del Instituto Nacional de

Estadística (INE); procedentes del último censo realizado (2021), se obtuvo la tasa de crecimiento anual (Ver tabla 28).

Tabla 29. Población del Estado Anzoátegui por Municipio

Municipio	2021		2031	
	Total	%	Total	%
Anaco	101.172	8,28%	122.634	8,34%
Aragua	27.025	2,21%	29.168	1,98%
Fernando de Peñalver	24.819	2,03%	33.437	2,28%
Francisco del Carmen Carvajal	11.072	0,91%	14.653	1,00%
Francisco de Miranda	34.769	2,84%	43.173	2,94%
Guanta	27.145	2,22%	30.891	2,10%
Independencia	26.141	2,14%	30.016	2,04%
Juan Antonio Sotillo	206.957	16,93%	244.728	16,65%
Juan Manuel Cajigal	12.358	1,01%	13.476	0,92%
José Gregorio Monagas	14.347	1,17%	17.534	1,19%
Libertad	12.905	1,06%	14.437	0,98%
Manuel Ezequiel Bruzual	27.758	2,27%	32.655	2,22%
Pedro María Freites	59.189	4,84%	73.121	4,98%
Píritu	18.864	1,54%	23.248	1,58%
San José de Guanipa	64.016	5,24%	76.398	5,20%
San Juan de Capistrano	7.586	0,62%	9.047	0,62%
Santa Ana	8.954	0,73%	9.636	0,66%
Simón Bolívar	359.984	29,45%	421.424	28,67%
Simón Rodríguez	147.800	12,09%	182.474	12,42%
Sir Arthur Mc Gregor	8.164	0,67%	9.768	0,66%
Turístico Diego Bautista Urbaneja	21.200	1,73%	37.829	2,57%
Total Anzoátegui	1.222.225	100,00%	1.469.747	100,00%

Fuente: Instituto Nacional de Estadística (2021)

Haciendo uso de la ecuación 15 descrita en el capítulo II, para el cálculo del valor de la tasa de crecimiento anual se obtuvo lo siguiente:

$$r = \left[\frac{73.121}{59.100}^{\frac{1}{2011-2001}} - 1 \right] = 0,02152$$

- Método de crecimiento geométrico

Para la comunidad del Sector El Granadillo, la proyección de la población se realizó en base a un período de 20 años, desde el 2022 hasta el 2042; y los datos de población fueron suministrados por el consejo comunal del sector. Estos cálculos se resolvieron, de manera similar, aplicando la respectiva ecuación 15 del capítulo II, y pueden observarse en la siguiente tabla.

Tabla 30. Población futura comunidad de El Granadillo

Comunidad / Año	Población proyectada		
	2022	2032	2042
El Granadillo	1482	1801	2120

Fuente: autor (2023)

4.4.1.4. Estimación de dotaciones

Luego de calcular la población futura se procede a definir las dotaciones de servicio. Las normas y modelos para estudios de campo y diseño de acueductos rurales (ACUERUR) establecen lo siguiente:

Dotación por cápita: 150 L/día como mínimo para localidades pequeñas, en las cuales no se piensa construir cloacas en un futuro cercano; hasta 200 L/día para localidades de cierta importancia; 250 L/día para zonas muy calurosas que dispongan de fuente suficiente.

Considerando lo antes expuesto se adoptó una dotación de servicio de 200 L/persona/día para el presente diseño.

4.4.1.5. Consumos de agua

Tomando en consideración una dotación de 200 L/persona/día, se calculó el consumo medio diario, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario con sus correspondientes variaciones para el año 2042.

Estas definiciones son útiles y necesarias porque permitirán, una vez relacionadas con el elemento básico conocido Q_m , hacer previsiones y diseñar en forma capaz aquellos elementos o componentes del sistema de abastecimiento de agua que puedan verse afectados.

- Consumo medio diario

Para el cálculo del gasto medio, se obtiene lo siguiente para la proyección al año 2042:

$$Q_m(2042) = \frac{200 \text{ (L/hab/día)} \times 2120 \text{ hab}}{86.400 \left(\frac{\text{seg}}{\text{día}}\right)} = 4,91 \text{ L/s}$$

- Consumo máximo diario

Para el cálculo del consumo máximo diario, para este diseño se considerará como valor de $K_1 = 1,25$ según (MSAS 1989).

$$Q_{MD}(2042) = 1,25 \times 4,91 \frac{\text{L}}{\text{seg}} = 6,14 \text{ L/seg}$$

- Consumo máximo horario

Para este diseño se consideró como valor de $K_1 = 2,50$ según (MSAS 1989).

$$Q_{MH}(2042) = 2,50 \times 4,91 \text{ L/s} = 12,27 \text{ L/s}$$

4.4.1.6. Trazado de la nueva red de distribución

Llegados a este punto, se estableció el diseño para el nuevo sistema de abastecimiento de agua potable. Partiendo de la obra de captación, hasta la distribución final hacia las viviendas. El esquema de la nueva red se muestra en la figura 45, donde se visualiza la distribución de las tuberías, la ubicación del tanque de almacenamiento propuesto y de la estación de bombeo. Además, se puede observar que han sido incorporados varios tramos a la red, esto con el fin de llevar el suministro hasta todas las viviendas, sin embargo, debe cuidarse muy bien el potencial crecimiento informal, anárquico y aparatoso de viviendas aisladas en la zona, como consecuencia del beneficio del acceso al agua potable.

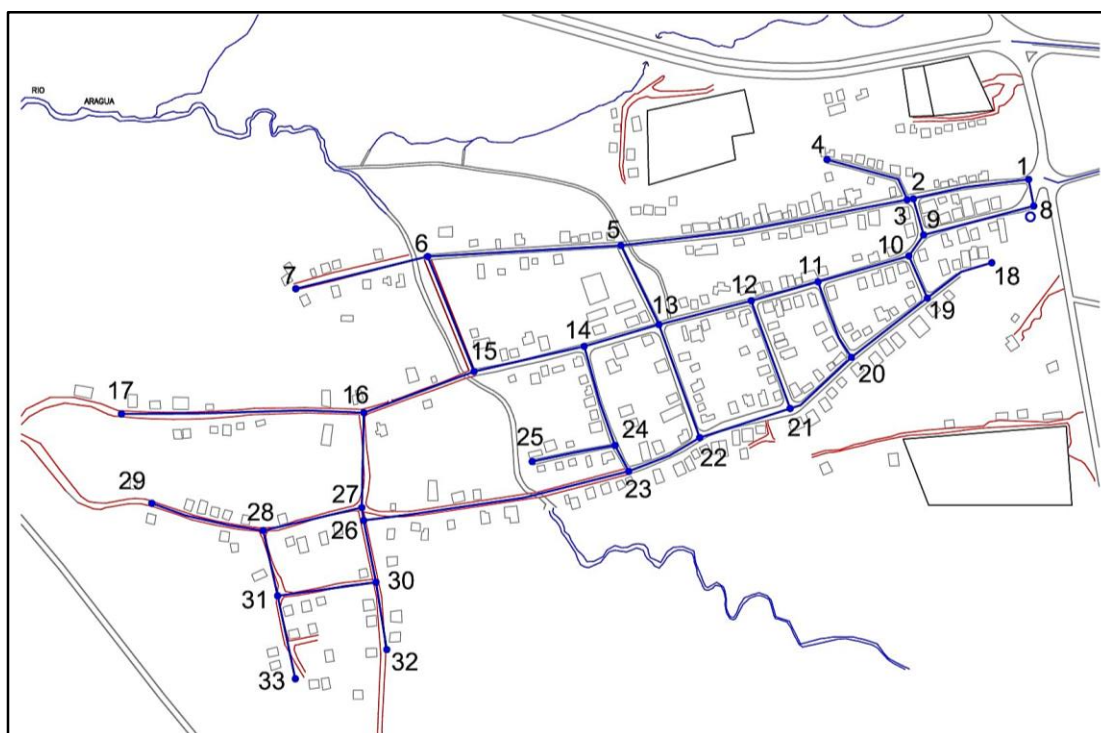


Figura 45. Propuesta de trazado de la nueva red de agua potable para el sector
Fuente: Autor (2023)

Se hace referencia en este caso a las conclusiones y recomendaciones, donde se han plasmado una serie de comentarios respecto a la construcción de este sistema.

4.4.1.7. Diseño hidráulico de la nueva red

En este punto se procedió a realizar el diseño de la red desde la hidráulica, con el fin de que la nueva red posea las características necesarias para que el vital líquido pueda llegar hasta todos los puntos de la red sin ningún problema.

- Demanda de agua potable por tramo

Para el cálculo de la demanda de agua potable en la red se realizó un conteo de viviendas por cada tramo, para efectos prácticos, todas las viviendas se asumieron con parcelas de hasta 200 m², cuya dotación diaria según norma COVENIN N°5318 es de 1500 L/día.

Tabla 31. Demanda de agua potable por tramo en la red propuesta

Tramo del acueducto		Dotación residencial		Dotación equipamientos urbanos		Dotación por tramo (L/s)	Gasto máximo horario 250%
		Casas por tramo (200 m ²)	Gasto por viviendas (L/s)	Descripción	Gasto por equipamientos		
Desde	Hasta						
8	1	0	0,0000			0,0000	0,0000
1	2	13	0,2257			0,2257	0,5642
2	3	0	0,0000			0,0000	0,0000
3	4	12	0,2083			0,2083	0,5208
3	5	36	0,6250			0,6250	1,5625
5	P	4	0,0694			0,0694	0,1736
P	6	12	0,2083			0,2083	0,5208
6	7	11	0,1910			0,1910	0,4774
2	9	3	0,0521			0,0521	0,1302
8	9	12	0,2083			0,2083	0,5208

Continuación de tabla 31

Tramo del acueducto		Dotación residencial		Dotación equipamientos urbanos		Dotación por tramo (L/s)	Gasto máximo horario 250%
		Casas por tramo (200 m2)	Gasto por viviendas (L/s)	Descripción	Gasto por equipamientos		
Desde	Hasta						
9	10	2	0,0347			0,0347	0,0868
10	11	11	0,1910			0,1910	0,4774
11	12	11	0,1910			0,1910	0,4774
12	13	10	0,1736			0,1736	0,4340
13	14	6	0,1042	Escuela básica (40 L/pers/día)	0,0926	0,1968	0,4919
14	15	9	0,1563			0,1563	0,3906
15	16	4	0,0694			0,0694	0,1736
16	17	13	0,2257			0,2257	0,5642
5	13	1	0,0174	Ambulatorio (800 L/día/cama)	0,0370	0,0544	0,1360
6	15	1	0,0174			0,0174	0,0434
18	19	8	0,1389			0,1389	0,3472
10	19	4	0,0694			0,0694	0,1736
19	20	11	0,1910			0,1910	0,4774
11	20	7	0,1215			0,1215	0,3038
20	21	11	0,1910			0,1910	0,4774
12	21	10	0,1736			0,1736	0,4340
21	22	14	0,2431			0,2431	0,6076
13	22	11	0,1910			0,1910	0,4774
22	23	10	0,1736			0,1736	0,4340
23	24	1	0,0174			0,0174	0,0434
24	25	8	0,1389			0,1389	0,3472
23	26	15	0,2604			0,2604	0,6510
26	27	0	0,0000			0,0000	0,0000
16	27	1	0,0174			0,0174	0,0434
27	28	6	0,1042			0,1042	0,2604
28	29	8	0,1389			0,1389	0,3472
26	30	3	0,0521			0,0521	0,1302
30	32	5	0,0868			0,0868	0,2170

Continuación de tabla 31

Tramo del acueducto		Dotación residencial		Dotación equipamientos urbanos		Dotación por tramo (L/s)	Gasto máximo horario 250%
		Casas por tramo (200 m ²)	Gasto por viviendas (L/s)	Descripción	Gasto por equipamientos		
Desde	Hasta						
28	31	2	0,0347			0,0347	0,0868
30	31	4	0,0694			0,0694	0,1736
31	33	8	0,1389			0,1389	0,3472

Fuente: autor (2023)

La sumatoria del máximo gasto horario de la red es de 14,1262 L/s

• Almacenamiento

Se propone la construcción e instalación de un tanque elevado que pueda suministrar agua suficiente a la población residente del Sector El Granadillo.

Empleando el gasto medio, se procedió a estimar el almacenamiento requerido para la comunidad de El Granadillo, de la siguiente manera:

- Volumen para reserva de Incendio:

Para este particular, se contempla un gasto de 10 L/s para viviendas aisladas, correspondiente al gasto asignado según el artículo 95 de la Gaceta Oficial N° 4103.

$$V_{\text{inc}} = 10 \text{ L/s} \times 4 \text{ h} \times 3.600 \text{ s} = 144,00 \text{ m}^3$$

- Volumen en caso de interrupción del servicio:

Según el INOS puede estimarse una reserva por bombeo en caso de interrupción del servicio, de un 25% del gasto medio.

$$V_{\text{bombeo}} = 3,431 \text{ L/s} \times 25\% \times 86.400 \text{ s} = 74,10 \text{ m}^3$$

- Volumen de reserva por consumo

$$V_{\text{consumo}} = 40\% \times 3,431 \text{ L/s} \times 86.400 \text{ s} = 118,56 \text{ m}^3$$

Tabla 32. Volumen de almacenamiento requerido para la población de El Granadillo (año 2022)

Variable	Características	Parámetro	Valor	Unidad
Almacenamiento	Reserva por consumo	40% Qm	118,56	m3/día
	Reserva para incendio	4 horas a 10 L/s	144,00	m3/día
	Reserva por bombeo	25% Qm	74,10	m3/día
	Total almacenamiento		336,66	m3/día

Fuente: autor (2023)

4.4.2. Red de aguas servidas

Se propone la construcción de un sistema de recolección de aguas servidas que permita la disposición final de estos desechos en una laguna de oxidación en las afueras de la ciudad. El trazado de la red final se propone a continuación en la siguiente imagen.

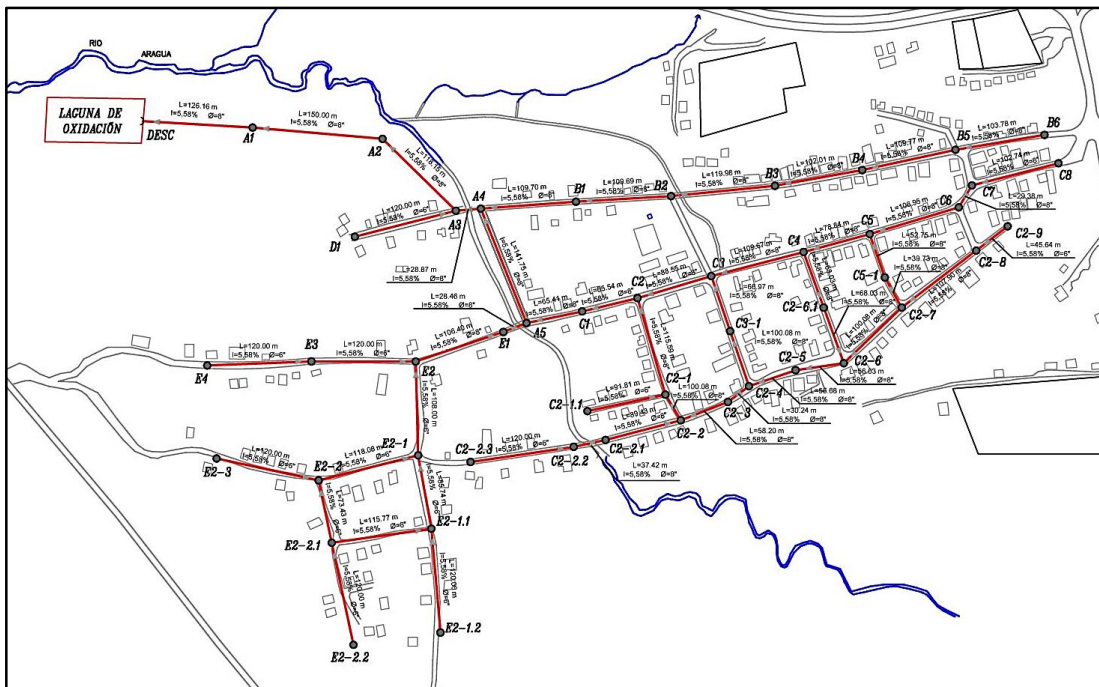


Figura 46. Trazado de la propuesta del sistema de aguas servidas para el Sector El Granadillo

Fuente: autor (2023)

4.4.2.1. Diseño hidráulico de la red

Llegados a este punto, para el diseño hidráulico de la red, se procedió a realizar los análisis hidráulicos, empleando los criterios de las normas M.S.A.S, INOS y M.A.R.N.R, realizando las simulaciones respectivas en cada tramo en función de la demanda, arrojando los caudales de diseño de aguas servidas mostrados a continuación en las tablas 33, 34 y 35, para cada caso, observando además las relaciones Q_r vs. Q_c y las velocidades en el sistema.

Tabla 33. Caudales de diseño de la red de aguas servidas

Tramo del acueducto		Caudal de infiltración (20.000L/km/día)	Caudal propio $Q_m * 0,80$ (L/s)	Caudal unitario (L/s)	Caudal arriba (L/s)	Caudal de diseño
Desde	Hasta					
E2-2.2	E2-2.1	0,0340	0,2470	0,5621	0,0000	0,5621
E2-2.1	E2-2	0,0191	0,0823	0,2028	0,5621	0,7649
E2-1.2	E2-1.1	0,0319	0,1647	0,3932	0,0000	0,3932
E2-1.1	E2-1	0,0226	0,1098	0,2648	0,7282	0,9930
E2-2.1	E2-1.1	0,0303	0,1372	0,3350	0,0000	0,3350
E2-3	E2-2	0,0340	0,2470	0,5621	0,0000	0,5621
E2-2	E2-1	0,0308	0,1372	0,3361	1,3269	1,6630
E2-1	E2	0,0264	0,0549	0,1626	2,6560	2,8186
E4	E3	0,0354	0,3019	0,6746	0,0000	0,6746
E3	E2	0,0306	0,1098	0,2807	0,6746	0,9553
E2	E1	0,0295	0,1921	0,4432	3,7738	4,2170
E1	A5	0,0066	0,0000	0,0132	4,2170	4,2302
D1	A3	0,0361	0,3293	0,7309	0,0000	0,7309
C2-2.3	C2-2.2	0,0347	0,2744	0,6183	0,0000	0,6183
C2-2.2	C2-2,1	0,0087	0,0000	0,0173	0,6183	0,6357
C2-2.1	C2-2	0,0298	0,1647	0,3888	0,6357	1,0245
C2-1.1	C2-1	0,0268	0,2196	0,4927	0,0000	0,4927
C2-9	C2-8	0,0168	0,2470	0,5276	0,0000	0,5276
C2-8	C2-7	0,0326	0,3019	0,6690	0,5276	1,1966
C2-7	C2-6	0,0301	0,2744	0,6091	1,1966	1,8058
C2-6	C2-5	0,0171	0,1647	0,3636	2,5441	2,9077
C2-5	C2-4	0,0180	0,1921	0,4202	2,9077	3,3279
C2-4	C2-3	0,0105	0,1372	0,2954	3,3279	3,6233
C2-3	C2-2	0,0169	0,1372	0,3083	3,6233	3,9316
C2-2	C2-1	0,0246	0,0549	0,1589	4,9561	5,1150

Continuación de tabla 33

Tramo del acueducto		Caudal de infiltración (20.000L/km/día)	Caudal propio $Q_m * 0,80$ (L/s)	Caudal unitario (L/s)	Caudal arriba (L/s)	Caudal de diseño
Desde	Hasta					
C2-1	C2	0,0330	0,2470	0,5600	5,1150	5,6750
C2-7	C5-1	0,0120	0,1098	0,2435	0,0000	0,2435
C5-1	C5	0,0143	0,0823	0,1933	0,2435	0,4368
C4	C2-6,1	0,0206	0,1921	0,4254	0,0000	0,4254
C2-6,1	C2-6	0,0192	0,1372	0,3129	0,4254	0,7383
C2-4	C3-1	0,0280	0,1921	0,4403	0,0000	0,4403
C3-1	C3	0,0183	0,1098	0,2561	0,4403	0,6964
C8	C7	0,0321	0,3293	0,7229	0,0000	0,7229
C7	C6	0,0082	0,0549	0,1262	0,7229	0,8491
C6	C5	0,0317	0,2744	0,6123	0,8491	1,4613
C5	C4	0,0259	0,3019	0,6556	1,8981	2,5537
C4	C3	0,0316	0,2470	0,5573	2,5537	3,1109
C3	C2	0,0254	0,1921	0,4349	3,8073	4,2423
C2	C1	0,0193	0,1647	0,3680	9,9173	10,2853
C1	A5	0,0179	0,1098	0,2554	10,2853	10,5407
B6	B5	0,0310	0,2744	0,6108	0,0000	0,6108
B5	B4	0,0324	0,2744	0,6136	0,6108	1,2244
B4	B3	0,0375	0,5489	1,1728	1,2244	2,3972
B3	B2	0,0361	0,3293	0,7309	2,3972	3,1281
B2	B1	0,0309	0,2196	0,5010	3,1281	3,6291
B1	A4	0,0296	0,1647	0,3885	3,6291	4,0175
A5	A4	0,0349	0,0823	0,2345	8,2478	8,4822
A4	A3	0,0067	0,0000	0,0134	12,4998	12,5131
A3	A2	0,0280	0,0274	0,1110	13,2440	13,3550
A2	A1	0,0278	0,0000	0,0556	13,3550	13,4106
A1	DESC	0,0347	0,0000	0,0694	13,4106	13,4800

Fuente: autor (2023)

Tabla 34. Diseño hidráulico para red de aguas servidas (propuesta)

Tramo del acueducto		Diámetro del Colector (pulgadas)	Pendiente (o/oo)	Caudal de diseño	Capacidad de Conducción (LPS)	Relación $(Q_r/Q_c) < 1$		Velocidad a sección plena (m/s)
Desde	Hasta					Valor	Condición	
E2-2.2	E2-2.1	6	11,00	0,5621	19,693	0,03	OK	1,080
E2-2.1	E2-2	6	21,00	0,7649	27,210	0,03	OK	1,492

Continuación de tabla 34

Tramo del acueducto		Diámetro del Colector (pulgadas)	Pendiente	Caudal de diseño	Capacidad de Conducción (LPS)	Relación (Qr/Qc)<1		Velocidad a sección plena (m/s)
Desde	Hasta		(o/oo)			Valor	Condición	
E2-1.2	E2-1.1	6	33,10	0,3932	34,161	0,01	OK	1,873
E2-1.1	E2-1	6	28,60	0,9930	31,754	0,03	OK	1,741
E2-2.1	E2-1.1	6	10,75	0,3350	19,468	0,02	OK	1,067
E2-3	E2-2	6	4,00	0,5621	11,875	0,05	OK	0,651
E2-2	E2-1	6	13,60	1,6630	21,897	0,08	OK	1,200
E2-1	E2	6	28,20	2,8186	31,531	0,09	OK	1,729
E4	E3	6	24,90	0,6746	29,629	0,02	OK	1,624
E3	E2	6	26,40	0,9553	30,508	0,03	OK	1,672
E2	E1	6	17,39	4,2170	24,761	0,17	OK	1,357
E1	A5	6	34,00	4,2302	31,737	0,13	OK	1,740
D1	A3	6	16,00	0,7309	23,751	0,03	OK	1,302
C2-2.3	C2-2.2	6	30,58	0,6183	32,835	0,02	OK	1,800
C2-2.2	C2-2.1	6	4,10	0,6357	11,021	0,06	OK	0,604
C2-2.1	C2-2	6	4,00	1,0245	11,875	0,09	OK	0,651
C2-1.1	C2-1	6	4,50	0,4927	12,596	0,04	OK	0,690
C2-9	C2-8	6	7,30	0,5276	16,043	0,03	OK	0,879
C2-8	C2-7	6	17,70	1,1966	24,981	0,05	OK	1,369
C2-7	C2-6	6	30,90	1,8058	33,006	0,05	OK	1,809
C2-6	C2-5	6	24,80	2,9077	29,569	0,10	OK	1,621
C2-5	C2-4	6	15,71	3,3279	23,535	0,14	OK	1,290
C2-4	C2-3	6	3,50	3,6233	11,108	0,33	OK	0,609
C2-3	C2-2	6	16,50	3,9316	24,119	0,16	OK	1,322
C2-2	C2-1	6	4,00	5,1150	11,875	0,43	OK	0,651
C2-1	C2	6	4,00	5,6750	11,875	0,48	OK	0,651
C2-7	C5-1	6	3,50	0,2435	11,108	0,02	OK	0,609
C5-1	C5	6	3,50	0,4368	11,108	0,04	OK	0,609
C4	C2-6,1	6	5,74	0,4254	14,226	0,03	OK	0,780
C2-6,1	C2-6	6	3,50	0,7383	11,108	0,07	OK	0,609
C2-4	C3-1	6	4,30	0,4403	12,313	0,04	OK	0,675
C3-1	C3	6	3,50	0,6964	11,108	0,06	OK	0,609
C8	C7	6	15,90	0,7229	23,676	0,03	OK	1,298
C7	C6	6	3,40	0,8491	10,949	0,08	OK	0,600
C6	C5	6	25,00	1,4613	29,688	0,05	OK	1,628
C5	C4	6	30,60	2,5537	32,846	0,08	OK	1,801
C4	C3	6	30,00	3,1109	32,522	0,10	OK	1,783
C3	C2	6	14,50	4,2423	22,610	0,19	OK	1,239
C2	C1	8	3,50	10,2853	23,923	0,43	OK	0,738
C1	A5	8	6,12	10,5407	31,635	0,33	OK	0,975

Continuación de tabla 34

Tramo del acueducto		Diámetro del Colector (pulgadas)	Pendiente	Caudal de diseño	Capacidad de Conducción (LPS)	Relación $(Q_r/Q_c) < 1$		Velocidad a sección plena (m/s)
Desde	Hasta		(o/oo)			Valor	Condición	
B6	B5	6	27,00	0,6108	30,853	0,02	OK	1,691
B5	B4	6	18,50	1,2244	25,539	0,05	OK	1,400
B4	B3	6	25,00	2,3972	29,688	0,08	OK	1,628
B3	B2	6	23,50	3,1281	28,784	0,11	OK	1,578
B2	B1	6	14,85	3,6291	22,881	0,16	OK	1,254
B1	A4	6	3,40	4,0175	10,949	0,37	OK	0,600
A5	A4	8	7,20	8,4822	34,313	0,25	OK	1,058
A4	A3	8	4,50	12,5131	24,866	0,50	OK	0,767
A3	A2	8	3,50	13,3550	23,923	0,56	OK	0,738
A2	A1	8	3,00	13,4106	22,149	0,61	OK	0,683
A1	DESC	8	4,00	13,4800	25,575	0,53	OK	0,789

Fuente: autor (2023)

Tabla 35. Diámetros y tipos de tuberías de la red de aguas servidas propuesta

Tramo del acueducto		Diámetro del Colector (pulgadas)	Pendiente	Clase de tubería	Tipo de apoyo
Desde	Hasta		(o/oo)		
E2-2.2	E2-2.1	6	11,00	PVC	Tipo C
E2-2.1	E2-2	6	21,00	PVC	Tipo C
E2-1.2	E2-1.1	6	33,10	PVC	Tipo C
E2-1.1	E2-1	6	28,60	PVC	Tipo C
E2-2.1	E2-1.1	6	10,75	PVC	Tipo C
E2-3	E2-2	6	4,00	PVC	Tipo C
E2-2	E2-1	6	13,60	PVC	Tipo C
E2-1	E2	6	28,20	PVC	Tipo C
E4	E3	6	24,90	PVC	Tipo C
E3	E2	6	26,40	PVC	Tipo C
E2	E1	6	17,39	PVC	Tipo C
E1	A5	6	34,00	HIERRO	Tipo C
D1	A3	6	16,00	PVC	Tipo C
C2-2.3	C2-2.2	6	30,58	PVC	Tipo C
C2-2,2	C2-2,1	6	4,10	HIERRO	Tipo C

Continuación de tabla 35

Tramo del acueducto		Diámetro del Colector (pulgadas)	Pendiente (o/oo)	Clase de tubería	Tipo de apoyo
Desde	Hasta				
C2-2.1	C2-2	6	4,00	PVC	Tipo C
C2-1.1	C2-1	6	4,50	PVC	Tipo C
C2-9	C2-8	6	7,30	PVC	Tipo C
C2-8	C2-7	6	17,70	PVC	Tipo C
C2-7	C2-6	6	30,90	PVC	Tipo C
C2-6	C2-5	6	24,80	PVC	Tipo C
C2-5	C2-4	6	15,71	PVC	Tipo C
C2-4	C2-3	6	3,50	PVC	Tipo C
C2-3	C2-2	6	16,50	PVC	Tipo C
C2-2	C2-1	6	4,00	PVC	Tipo C
C2-1	C2	6	4,00	PVC	Tipo C
C2-7	C5-1	6	3,50	PVC	Tipo C
C5-1	C5	6	3,50	PVC	Tipo C
C4	C2-6,1	6	5,74	PVC	Tipo C
C2-6,1	C2-6	6	3,50	PVC	Tipo C
C2-4	C3-1	6	4,30	PVC	Tipo C
C3-1	C3	6	3,50	PVC	Tipo C
C8	C7	6	15,90	PVC	Tipo C
C7	C6	6	3,40	PVC	Tipo C
C6	C5	6	25,00	PVC	Tipo C
C5	C4	6	30,60	PVC	Tipo C
C4	C3	6	30,00	PVC	Tipo C
C3	C2	6	14,50	PVC	Tipo C
C2	C1	8	3,50	PVC	Tipo C
C1	A5	8	6,12	PVC	Tipo C
B6	B5	6	27,00	PVC	Tipo C
B5	B4	6	18,50	PVC	Tipo C
B4	B3	6	25,00	PVC	Tipo C
B3	B2	6	23,50	PVC	Tipo C
B2	B1	6	14,85	PVC	Tipo C
B1	A4	6	3,40	PVC	Tipo C
A5	A4	8	7,20	PVC	Tipo C
A4	A3	8	4,50	HIERRO	Tipo C
A3	A2	8	3,50	PVC	Tipo C
A2	A1	8	3,00	PVC	Tipo C
A1	DESC	8	4,00	PVC	Tipo C

Fuente: autor (2023)

4.4.2.2. Disposición final

En cuanto a la selección de la disposición final de las aguas servidas para la red del sector, se ha seleccionado la construcción de una laguna de oxidación en las adyacencias del sector, principalmente debido a las diferentes problemáticas que coexisten en el lugar, mencionadas en el numeral 4.3.2 del presente capítulo.

Esta laguna ha sido dispuesta en el lado oeste del sector, así como se muestra en la figura 46, en el presente capítulo.

4.5. Elaboración de los planos de ingeniería de detalle empleando el programa comercial AutoCAD 2018.

Con el fin de realizar el esbozo de las redes sanitarias y otros datos gráficos, fue empleado el programa de diseño asistido por computadora AutoCAD® 2018, mediante el cual, fueron realizados paulatinamente, en la medida que se generaba la información, un total de 8 planos.

El proceso inició con la apertura del programa y la selección de realizar un nuevo dibujo, así como se aprecia en la siguiente figura.

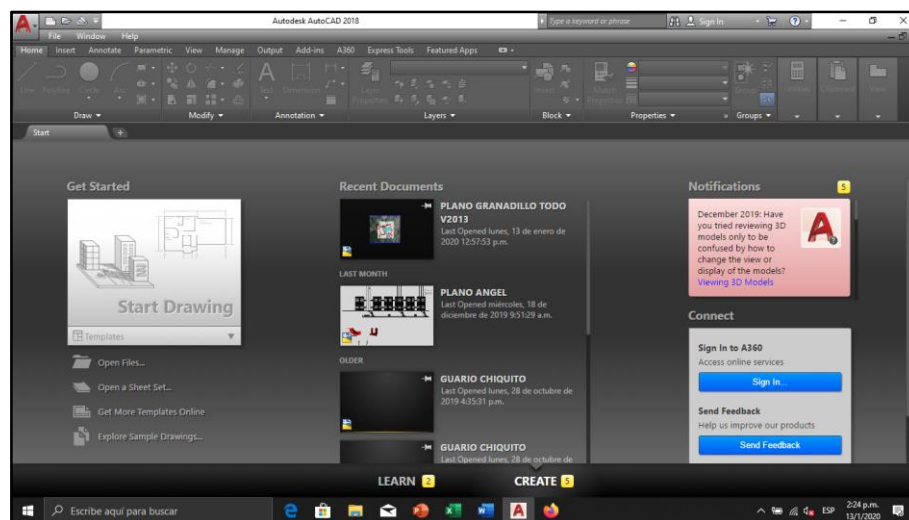


Figura 47. Interfaz de inicio del programa AutoCAD 2018

Fuente: autor (2023)

Posteriormente, fueron incorporados los datos recabados del levantamiento planialtimétrico de las redes, y posteriormente la adición de la información obtenida por investigación documental, realizando las ediciones necesarias, dividiendo la información a través del empleo de capas “layers” individuales según el criterio del dibujante, tal como se muestra en la figura 48

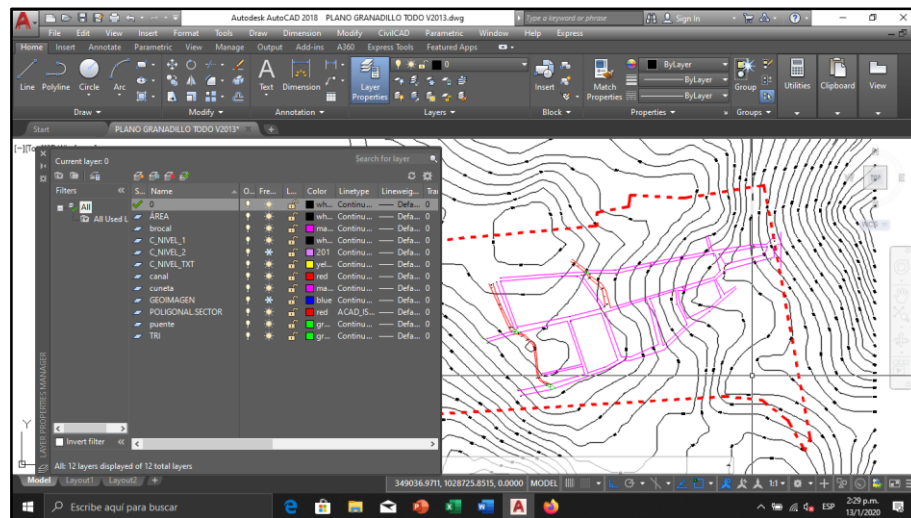


Figura 48. Creación de curvas de nivel en AutoCAD

Fuente: autor (2023)

Entre los comandos de dibujo y edición del programa empleados, se destacan “*POLYLINE, TEXT, TRIM, DIM, LAYER, COPY*”, entre otros. Todos los planos se dibujaron en una escala de dibujo de 1/1.000 m, y se presentan en formato *ANSI A* (carta), con una escala de impresión de 1/3.000 m, salvo donde se indique otra escala diferente.

4.6. Estimación de los análisis de precio unitario y el presupuesto de obra, empleando el programa comercial IP3 Control de Obras 2014.

Como quinto objetivo, se realizaron las estimaciones financieras para la ejecución de la obra planteada en este proyecto. Para ello, se procedió a

cuantificar las cantidades de obra que constituyen la implantación de la propuesta, tomando en cuenta las actividades de demolición de obras existentes, transporte de equipos, construcción, costos asociados a obras provisionales, costos asociados al salario, entre otras.

4.6.1. Cómputos métricos

La gran mayoría de la información ha sido tomada de los planos elaborados, en los cuales se realizaron las mediciones. No obstante, también se hizo necesario tomar en cuenta algunas especificaciones técnicas de construcción que ordenan las normas I.N.O.S, M.O.P, M.S.A.S.. Los cómputos se enumeraron en diferentes partidas reflejadas a continuación en la siguiente tabla, donde se visualizan las partidas y su unidad de cómputo respectivo.

Tabla 36. Descripción de partidas de las obras a ejecutar

No	DESCRIPCIÓN	UND
OBRAS PRELIMINARES		
1	INSTALACIONES PROVISIONALES	S.G.
2	REPLANTEO Y NIVELACIÓN TOPOGRÁFICA	ML
3	REMOCIÓN DE CARPETA ASFÁLTICA Y BASE GRANULAR A MÁQUINA EN VÍAS DE ACCESO	ML
4	TRANSPORTE Y BOTE DE CAPA ASFÁLTICA, DEMOLICIÓN EN SITIO Y MATERIAL DESECHABLE A DISTANCIAS ENTRE 201 M A 10 KM.	M ³ XKM
5	EXCAVACIÓN PARA ESTRUCTURAS CORRESPONDIENTES A OBRAS DE DRENAJES DE CUALQUIER PROF. EMPLEANDO EQUIPO RETROEXCAVADOR, APILAMIENTO Y/O BOTE TRANSPORTE HAS TA 200 MTS.	M ³
AGUAS BLANCAS		
6	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA PVC 4". INCLUYE CONSUMIBLES	M

Continuación de tabla 36

No	DESCRIPCIÓN	UND
7	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TOMAS DOMICILIARIAS. INCLUYE TODOS LOS ACCESORIOS	UND
8	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE ACCESORIOS (TEE, CURVAS, VÁLVULA CHECK, LLAVE DE PASO)	UND
9	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA 1" PARA EMPOTRAMIENTOS DOMICILIARIOS	ML
10	CONSTRUCCIÓN DE TANQUE ELEVADO CON CAPACIDAD DE 340M3, INCLUYENDO PIEZAS, ACCESORIOS Y CONEXIONES	S.G.
OBRAS AGUAS SERVIDAS		
11	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA PVC PARA CLOACAS D= 6" (160 MM) JUNTA AUTOMÁTICA	ML
12	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA PVC PARA CLOACAS D= 8" (210 MM) JUNTA AUTOMÁTICA	ML
13	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA HIERRO PARA CLOACAS D= 6" (160 MM)	ML
14	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TUBERÍA HIERRO PARA CLOACAS D= 8" (210 MM)	ML
OBRAS DE CONCRETO		
15	EMPALME PARA AGUAS NEGRAS EN BOCA DE VISITA EN SERVICIOS DE D=6" Y 8".	und
16	CONCRETO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE BASE PARA BOCA DE VISITA FC= 210KG/CM2 INC TRANSPORTE DEL CEMENTO Y AGREGADOS HASTA 50 KM Y EXCLUYE EL REFUERZO METÁLICO Y EL ENCOFRADO.	M ³
17	SUMN/TRANSP Y COLOCACIÓN DE CONO EXCÉNTRICO TIPO IA DE D= 0,61 Y 1,22 M ALTURA ÚTIL = 1,00 MTS PARA BOCA DE VISITA PREFABRICADA	M ³
18	SUMINISTRO/TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE CILINDRO PARA BOCA DE VISITA TIPO A , D= 122 CM (48 ") C- 69 E= 12.5 CM L= 0,30 MTS	M ³
19	SUMINISTRO, TRANSPORTE Y COLOCACIÓN DE TAPAS DE HIERRO FORJADO PARA BOCAS DE VISITAS	UND

Continuación de la tabla 36

No	DESCRIPCIÓN	UND
20	TRANSPORTE DE PIEZAS DE CONCRETO DESDE BARCELONA HASTA CANTAURA. SEGÚN TABULADOR DE CONCRETERA CARACAS	TON
OBRAS COMPLEMENTARIAS		
21	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE MAQUINARIAS Y EQUIPOS	UND
22	CONFORMACIÓN A MÁQUINA DE SUPERFICIE DE APOYO PARA ACONDICIONAMIENTO DE PLATAFORMAS Y VÍAS. INCLUYE ESCARIFICACIÓN, NIVELACIÓN, COMPACTACIÓN Y BOTE DE MATERIAL SOBRENTE.	M2
23	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA CON RC-250	M2
24	SUMINISTRO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE TIPO BAC I MEJORADO. INCLUYE TRANSPORTE DE LOS AGREGADOS.	TON
25	CONSTRUCCIÓN DE BASE ASFÁLTICA EN CALIENTE CON MEZCLA TIPO BAC-I MEJORADO DE ESPESOR = 5 CM. NO INCLUYE SUMINISTRO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.	TON
26	CONSTRUCCIÓN DE CARPETA DE RODAMIENTO EN CALIENTE TIPO BAC-I MEJORADO DE ESPESOR VARIABLE. INCLUYE SUMINISTRO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA.	TON
27	LIMPIEZA GENERAL DE LA OBRA	S.G.

Fuente: autor (2023)

4.6.2. Análisis de precios unitarios (APU)

En esta fase se realizaron los análisis de precios unitarios correspondientes a cada partida necesaria para la ejecución de las propuestas, mediante el uso del programa comercial IP3-Control de Obras 2014, a través del cual se refleja, la maquinaria, personal, herramientas y equipos a utilizar, así como su costo por unidad y su cantidad a usar en la obra.

Para la determinación de estas partidas, se empleó la metodología mostrada en la norma codificación carretas y COVENIN 2000, Obras Hidráulicas, para consecutivamente elaborar los APU, que a su vez derivan en un presupuesto general de la obra a construir. Cabe decir que, para realizar estos análisis, debe existir la estimación de las cantidades de obra.

Para la entrada de datos en el referido programa, se emplearon los siguientes factores, porcentajes y condiciones:

- Para la mano de obra se utilizó:
 - Prestaciones Sociales: 416 %
 - Horas laborables: 8 horas diarias.
- Impuesto al valor agregado (IVA): 16%.
- Moneda: Bolívares Digitales (BsD.)
- Porcentajes de administración y gastos: 15%
- Porcentaje de Utilidad: 12%.

4.6.3. Presupuesto de obra

Una vez se han obtenido los APU, se elaboró el presupuesto general del proyecto, el cual arroja el valor previo del costo asociado a la obra, con el fin de conocer la factibilidad y rentabilidad, así como el monto de inversión. Para ello se empleó el programa comercial IP3-Control de Obras 2014, el cual, mediante sus algoritmos y bases de datos, donde se incluye información muy completa acerca de diversas actividades relacionadas a la ingeniería y construcción, permite determinar la sumatoria de precios de todas las partidas resultado de los APU.}

4.6.3.1. Presupuesto del proyecto general

Luego de la evaluación de las fases anteriores, el costo arrojado por el programa asciende a **Bs. 4.786.741,⁰⁵**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- A partir de las diferentes encuestas realizadas, y en conjunto con los datos recabados del lugar en estudio y el levantamiento planialtimétrico, se lograron determinar las condiciones actuales de la red de distribución de agua potable y la inexistencia de la red de recolección de aguas servidas en el sector.
- El levantamiento topográfico realizado en el lugar, permitió obtener las diferentes cotas que predominan en la zona, datos sumamente importantes para la determinación de presiones y estimación de los caudales para las redes de recolección de aguas servidas.
- La aparición de zonas informales, sin planificación ni control por parte de las autoridades, debe ser plenamente atacada por las autoridades competentes en la materia, principalmente con la finalidad de que coexistan problemas como los que se encontraron en el presente proyecto de investigación.
- El análisis de las redes actuales de distribución de agua potable y el análisis de las causas de la ausencia de una red de aguas servidas permitió conocer en profundidad otras variables relacionadas con la planificación de las ciudades, como por ejemplo la zonificación y problemática relacionada a la aparición no deseada del sector.
- De igual modo, con los análisis hidráulicos de la red existente de distribución de agua potable se pudo determinar que el sistema cumple de

- manera regular su función, debido a que las presiones más desfavorables no representan grandes pérdidas, ni tampoco existe un déficit en los diámetros de las tuberías el cual reduzca los caudales al sistema. Por el contrario, los problemas encontrados radican en las fallas en el equipo de bombeo, reducción de las aguas que alimentan el pozo, fallas en la distribución de la red, tomas clandestinas, tubería en mal estado cuyo periodo de vida útil ha expirado y falta de mantenimientos preventivos y correctivos en el sistema.
- El nuevo sistema de abastecimiento de agua potable ha sido diseñado para funcionar como una sola red, con el fin de garantizar la practicidad, rendimiento y economía en el proyecto. De igual modo, se propone la discontinuidad de la red de agua potable existente en el sector y la construcción de una nueva red, con la finalidad de evitar aumento de costos, fallas en el sistema y una mejor cobertura de la red.
- La construcción de una red de recolección de aguas servidas en el sector El Granadillo ha sido relativamente complicada a lo largo de los años debido a los factores mencionados en el capítulo 4, numeral 4.3.2. Sin embargo, mediante la implementación de la propuesta planteada se permitiría la disposición final de las aguas y su tratamiento, no solo de las aguas del Sector El Granadillo sino también de las instalaciones adyacentes como la Universidad de Oriente, Bomberos y Terminal.
- La elaboración de planos de los sistemas de aguas blancas y sistema de recolección de aguas servidas permite una mejor comprensión del alcance y servidumbre de ambas redes sanitarias y además la determinación de las diferentes cantidades de obra a implementar en el proyecto, por lo que los planos son parte fundamental del proyecto.
- La estimación de los costos del proyecto con sus respectivos análisis de precio unitario permite conocer la factibilidad de la ejecución del mismo, así

como también saber las diferentes actividades a realizar en función de las partidas a ejecutar.

5.2. RECOMENDACIONES

- Los levantamientos planialtimétricos suelen representar cuantiosas actividades en campo, y en el caso de este proyecto, se realizaron trabajos en las adyacencias de vías rápidas, por lo que se recomienda realizarla entre múltiples personas con el fin de tomar todas las medidas de seguridad, aviso, y siempre bajo la supervisión de un profesional en la materia de la topografía.
- Se recomienda encarecidamente al ente municipal y organizaciones competentes regular la aparición de zonas de proliferación aparatosa de viviendas, no solo en el Sector El Granadillo sino también en toda la ciudad de Cantaura, a fin de garantizar que no ocurran incidencias relacionadas con la mala planificación urbana.
- Se recomienda considerar en todo momento los caudales de lluvia en el análisis de sistemas de aguas servidas ya construidos en zonas residenciales, principalmente debido a que la experiencia señala que de manera inconsciente los propietarios descargan las aguas que captan en los techos y patios hacia las tanquillas de aguas servidas de sus viviendas, siendo imperativo aun hasta en los diseños de nuevos colectores.
- La construcción de la red de abastecimiento de agua potable y la puesta en marcha del servicio de aguas servidas en el sector puede acarrear la no deseada reaparición del crecimiento informal y un aumento de este de manera escalada en algunas áreas del sector que se desean preservar intactas, por lo que la ejecución de una obra como la plasmada en este

proyecto, pasa por una completa revisión y adecuación, así como también se debe prever la situación descrita.

- En toda obra es importante dibujar sobre papel aquello que se desea ejecutar, a fin de dejar soporte y poder reproducir las especificaciones de lo que se desea realizar, por lo que es altamente recomendable la elaboración de planos de detalles, arquitectónicos, vistas de planta, perfiles, o cualquier otra característica importante que se desee saber de la obra.
- Debido al escenario económico actual en Venezuela, es importante tener en cuenta que los costos plasmados en el presupuesto del proyecto pueden estar desfasados de la realidad conforme pasen los años, por lo que se recomienda realizar una actualización de los precios al momento de verificar factibilidad y elaborar las curvas de desembolso del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS, FIDIAS G. (2004), **Proyecto de investigación guía para su elaboración**. Ediciones. Espítame. Caracas, Venezuela.
- ARIAS, FIDIAS G. (2006), **El Proyecto de Investigación: Introducción a la Metodología. Científica**. (5ª. ed.). Caracas, Venezuela:
- AROCHA, SIMÓN (1977). **Abastecimiento de Agua. Teoría y Diseño**. Segunda Edición. Ediciones Vega S.R.L. Caracas, Venezuela
- AROCHA, SIMÓN (1983), **Cloacas y Drenaje**, primera edición, Ediciones Vega S.R.L. Caracas, Venezuela
- INSTITUTO NACIONAL DE OBRAS SANITARIAS (I.N.O.S) (1975), **Normas e Instructivos para el Proyecto de Alcantarillados**. Instituto Nacional de Obras Sanitarias, Venezuela.
- LEÓN B. JOSÉ R., SALINAS R. ERICK A. y ZEPEDA L. MARIO A. (2017) **Diseño de red de alcantarillado sanitario y planta de tratamiento del municipio de Turín, departamento de Ahuachapán, El Salvador**, Universidad de el Salvador, Facultad multidisciplinaria de occidente, Departamento de ingeniería y arquitectura
- LEÓN R. ANDREA I. (2013), **Diseño de red de distribución de aguas blancas y recolección de aguas negras, para Comunidad El Huequito, ubicada en Turgua, Sector Monterola, Municipio El Hatillo Estado Miranda-Venezuela**, Facultad de Ingeniería, Universidad Nueva Esparta – Venezuela.
- LÓPEZ R. LUIS A. (1997), **Cartilla de Urbanismo**, edición de prueba, Imagen Editorial C.A, Maracay, Venezuela
- MINISTERIO DE SANIDAD Y ASISTENCIA SOCIAL (M.S.A.S) (1989). **Normas Sanitarias para el proyecto, Construcción, Ampliación, Reforma y Mantenimiento de las Instalaciones Sanitarias para el desarrollo Urbanísticos**, Instituto Nacional de Obras Sanitarias, Gaceta Oficial de la República de Venezuela. N° 4103 - Caracas, Venezuela
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES (M.A.R.N.R), Ministerio de Desarrollo Urbano (M.I.N.D.U.R) (1999), **Normas Generales para el Proyecto de**

Alcantarillados, Gaceta Oficial de la República de Venezuela N° 5.318.
- Caracas, Venezuela

PÉREZ, ROSA V. (2013), **San Fernando, una turbia realidad, Documental sobre el problema del sistema de cañerías y desagüe de San Fernando de Apure**. Escuela de Comunicación Social, Mención Artes Audiovisuales, Universidad Católica Andrés Bello-Venezuela

REY, JORGE F. (1999), **Nociones de Topografía, Geodesia y Cartografía**, 1ra Edición. Universidad de Extremadura Servicio, España.

RODRÍGUEZ R. EDGAR J. (2016), **Calculo para los sistemas de acueducto y recolección de aguas negras para el complejo habitacional Paseo Aurora ubicado en Cantaura, M.P.M.F, Estado Anzoátegui**, Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Oriente-Venezuela.

ANEXOS

HOJAS DE METADATOS

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	Evaluación de los Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable y Sistema de Recolección de Aguas Servidas del Sector El Granadillo, en Cantaura, Edo. Anzoátegui
Subtítulo	

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Agostini López Sergio Ricauter	CVLAC	21.040.859
	e-mail	Sergioagostini1992@gmail.com
	e-mail	
	CVLAC	
	e-mail	
	e-mail	

Palabras o frases claves:

Evaluación, aguas blancas, aguas servidas, propuesta, diseño, alcantarillado
--

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas	Ingeniería Civil

Resumen (abstract):

La investigación propone nuevas redes para los servicios sanitarios del Sector El Granadillo, de Cantaura, partiendo previamente de la evaluación de las redes existentes, planteando alternativas sustanciales que pueden beneficiar otras zonas de la ciudad, asegurando mejor calidad de vida y la preservación del ecosistema adyacente. Esto se logró mediante datos obtenidos en sitio a través de la observación directa, investigación documental y entrevistas; catalogando la investigación como proyecto de campo e investigación descriptiva. Se evaluó la actual infraestructura hidráulica teniendo en cuenta las normas del INOS, MSAS y del MARNR, complementando con un análisis mediante los programas “*WaterCAD*” y “*SewerCAD*” con el fin de determinar incongruencias y anomalías que ante la evaluación estándar son imperceptibles. Posteriormente fueron elaborados los planos mediante el programa AutoCAD® 2018, así como también, se calcularon los APU y el presupuesto de obra, concluyendo que las actuales condiciones sanitarias son deplorables y necesitan atención inmediata, teniendo en cuenta las condiciones de zonificación y proyección de la zona, siendo una situación cambiante tomando medidas correctivas e implantando proyectos similares al expuesto en este trabajo de grado.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail										
Rondón Elys	ROL	CA		AS		TU	X	JU			
		CVLAC	8.440.241								
	e-mail	elysrondon@gmail.com									
	e-mail										
Álvarez Jesús	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
		CVLAC	4.510.362								
	e-mail	sainca40@yahoo.com									
	e-mail										
Rojas Laurimar	ROL	CA		AS		TU		JU	X		
		CVLAC	15.563.371								
	e-mail	rojaslaurimar@gmail.com									
	e-mail										

Fecha de discusión y aprobación:

Año **Mes** **Día**

2023	03	02
-------------	-----------	-----------

Lenguaje: SPA

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo	Tipo MIME
PG-SergioA.doc	Aplication/word

Alcance:

Espacial: UNIVERSAL

Temporal: INTEMPORAL

Título o Grado asociado con el trabajo:
INGENIERO CIVIL

Nivel Asociado con el Trabajo:
PreGrado

Área de Estudio:
Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado:
Universidad de Oriente - Extensión Cantaura

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 5/6



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN° 0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

RECIBIDO POR *[Firma]*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Cordialmente,
[Firma]
JUAN A. BOLANOS CUNPEL
Secretario

C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009): “Los trabajos de grados son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y solo podrá ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Concejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Concejo Universitario, para su autorización”.

Sergio Agostini López
AUTOR

Prof. Elys Rondón
TUTOR