



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN LAS COMUNIDADES EL
CRISTAL Y EL GUINEO EN CIUDAD DARÍO, DEPARTAMENTO DE
MATAGALPA, 2021”.**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Ingrid Mariam Cruz González
Br. Katy Esmeralda Guerrero López
Br. Luis Manuel Rodríguez Acuña

Tutor

M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, Octubre 2021

Resumen ejecutivo

El propósito de este documento monográfico fue realizar el diseño de un sistema de agua potable, que prestara un servicio eficiente y continuo durante su periodo de diseño de 20 años, para abastecer a 1086 habitantes en el año 2041, con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de los pobladores de las comunidades.

Para garantizar la finalidad de este documento, se planteó cumplir los siguientes componentes, que facilitaron la ejecución del presente trabajo: El sistema de abastecimiento de agua potable seleccionado por comunidad que sería del tipo FUENTE-TANQUE-RED aprovechando la topografía del terreno, con una longitud total de tubería de 3,530.94 m, dividido en 1,877.41 m para comunidad El Guineo y 1653.53 m para comunidad El Cristal compuesta por tubería PVC SDR-26, y H^oG^o, con diámetros de 2" y 1 ½".

Los sistemas estarían compuestos por obra de captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento, red de distribución, y conexiones domiciliarias. Se aplicaron encuestas casa a casa para identificar a cada familia a beneficiar del proyecto, donde cada persona accedió a dar la información requerida. Posteriormente, se recopiló y procesó la información haciendo uso de los gráficos de Excel. El levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, se realizó con estación total, para determinar curvas de nivel y relieve de la zona. Además, se obtuvieron las distancias y elevaciones de la superficie del terreno por donde se conducirá la tubería, se ubicarán el tanque y la obra de captación de cada comunidad.

Se realizó un estudio hidrogeológico de la fuente en El Guineo, que es un manantial, en el cual se realizaron dos aforos en épocas de verano, para determinar la capacidad de agua que fluye, para satisfacer los requerimientos de la población a beneficiar y así mismo determinar la calidad de la misma, a través de análisis de laboratorio para realizar su respectivo tratamiento de desinfección.

La organización sin fines de lucro El Porvenir facilitó el estudio hidrogeológico de la fuente de El Cristal. En esta comunidad se cuenta con un pozo que, según la prueba de bombeo, puede suministrar la cantidad de agua requerida para la red de agua potable.

La red de agua potable, para ambas comunidades, se diseñó utilizando el programa EPANET, para determinar los cálculos hidráulicos, y el software de AUTOCAD para la elaboración de planos.

El costo total de inversión, asciende a C\$ 10,317,636.04 equivalentes a US 291,458.64 que beneficiará a 155 familias pertenecientes a comunidades El Guineo y El Cristal.

Finalmente, se realizó la evaluación del impacto ambiental del proyecto, para evaluar las actividades positivas y negativas, tanto en la etapa de construcción, como en la de operación. Luego se propuso las medidas de mitigación para reducir los efectos que puedan causar los impactos negativos al medio ambiente.

Agradecimiento

En primer lugar, agradecemos a Dios que nos dio la vida, la sabiduría y la inteligencia necesaria para poder culminar nuestro trabajo monográfico. A nuestros padres, gracias por su apoyo incondicional y la comprensión que nos dieron durante todo este tiempo, por su ayuda económica y sus sacrificios para poder realizar este trabajo.

A nuestro tutor M. Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado, por su ayuda voluntariosa en todo momento. A cada una de las personas que nos asesoraron para aclarar dudas, ya que sin ellos no hubiéramos podido finalizar nuestro trabajo; gracias por el apoyo que nos brindaron. A cada docente que nos impartió conocimientos y habilidades durante los años de estudios.

A la Universidad Nacional de Ingeniería, que nos dio la oportunidad de formar parte del gremio de ingenieros formados en el Alma Máter UNI. ¡Gracias!

Agradecimiento muy especial al Ing. Víctor Ernesto Alfaro Carrasco y a todas las personas de las comunidades El Cristal y El Guineo por su apoyo incondicional.

A la alcaldía Municipal de Ciudad Darío y la organización sin fines de lucro El Porvenir por ser intermediarios y facilitadores de información a lo largo del proceso monográfico.

“El único modo de hacer un gran trabajo es amar lo que haces”

Steve Jobs

Dedicatoria

En primer lugar, dedico este proyecto monográfico a Dios, por darme vida, fortaleza, sabiduría, fuerza y amor, quien con su grandeza ha estado ahí conmigo ayudándome a seguir adelante a pesar de todas las dificultades y por mostrarme los caminos correctos de la vida.

Principalmente le dedico esta tesis a mi madre Ana Yesenia González Bermúdez por ser el apoyo incondicional de mi vida, mi consejera, mejor amiga y fortaleza, quien me ha motivado a superarme, ha estado ahí cuando más la necesito y por darme todo su cariño y amor ilimitado. “Te amo madre”

A mis hermanas Haydee y Ana Obando González por todo su apoyo y cariño, así como mi abuelita Ana Bermúdez por sus consejos y oraciones.

A mi novio Cristian Martínez, quien es mi amor, mi amigo fiel, cómplice y ha sido mi ayuda a lo largo de esta monografía, apoyándome siempre.

Y finalmente a todos los profesores que me llenaron de conocimiento y sabiduría a lo largo de todos mis estudios. Así como a todos los amigos y compañeros que fueron de gran importancia a lo largo de todo este camino.

“A todos los antes mencionados les dedico este trabajo”

Br. Ingrid Mariam Cruz González

Dedicatoria

Dedico este proyecto primeramente a Dios, ya que sin él somos nada. Dios es quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario para lograr nuestras metas.

A mis padres Sr. Luis Manuel Rodríguez Moncada y Sra. Aura Julissa Acuña Calderón por haberme dado la vida, y enseñarme que las metas son alcanzables y que una caída no es una derrota si no el principio de una lucha que siempre termina en logros y éxitos. Gracias por siempre orientarme en todos los aspectos de mi vida y ayudarme a salir adelante a pesar de los inconvenientes.

A mi hermana Nataly Francisca Rodríguez Acuña, que con su buena voluntad me ha brindado apoyo emocional para luchar en mi carrera y seguir adelante para cumplir mis propósitos.

Y, por último, a mis compañeros, docentes y amigos, presentes y pasados, quienes compartieron su conocimiento, alegrías y tristezas conmigo sin esperar nada a cambio.

Br. Luis Manuel Rodríguez Acuña

Dedicatoria

Primeramente, quiero dedicar este trabajo a Dios por haberme dado la fuerza, sabiduría y fe de culminar con éxito esta meta en mi vida.

A mi madre, Martha Nidia López que siempre ha sido incondicional en cada uno de mis propósitos y ha sabido sacarme a delante a pesar de los obstáculos. Es mi gran ejemplo de fortaleza y superación. Este logro es de ella, por ella y para ella.

Mi hermana, Sharroll Guerrero López, por alentarme y darme el ejemplo a luchar y seguir hasta el final con mis sueños. Por enseñarme a ser perseverante y hacerme ver la vida de la forma más bella.

Mis compañeros de tesis los cuales me han apoyado y enseñado mucho durante este tiempo, convirtiéndose en parte importante en mi vida.

A todas las personas que han sido parte de mi formación, en mi vida, por enseñarme e impulsarme a ser mejor persona.

A mis papás, que siempre me han apoyado y enseñado a luchar por mis sueños y anhelos, a no rendirme.

Por último, quiero dedicarle este logro a mi abuelita Felipa que sé que desde el cielo está orgullosa de la persona en la cual me he convertido.

Cordialmente,

Br. Katy Esmeralda Guerrero López

Índice

I.	Generalidades.....	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Antecedentes.....	2
1.3.	Justificación	3
1.4.	Objetivos.....	5
	Objetivo general	5
	Objetivos específicos	5
1.5.	Limitaciones.....	6
II.	Marco teórico.....	7
2.1.	Generalidades	7
2.2.	Generalidades de los componentes del sistema de abastecimiento de agua....	7
2.2.1.	Captación y principales fuentes de abastecimientos	7
2.2.2.	Consumo de agua potable	8
2.2.3.	Demanda de agua potable	8
2.2.4.	Dotación	9
2.2.5.	Coeficientes de variación	9
2.2.6.	Calidad del agua	9
2.3.	Parámetros de diseño de los sistemas de conducción y distribución basados en las normas y criterios del INAA.....	10
2.3.1.	Periodos de diseño.....	10
2.3.2.	Parámetros de diseño	11
2.3.3.	Equipos de bombeo	15
2.3.4.	Línea de conducción	18

2.3.5.	Almacenamiento.....	20
2.3.6.	Losas en dos direcciones	21
2.3.7.	Matriz de Leopold.....	21
III.	Diseño metodológico.....	23
3.1.	Tipo de investigación	23
3.1.1.	Según el enfoque:	23
3.1.2.	Según el enlace y análisis de los resultados:	23
3.1.3.	Según el tiempo de ocurrencia:	23
3.1.4.	Según el tiempo en que se realiza el estudio:	23
3.2.	Materiales y métodos.....	23
3.3.	Proyección de población.....	25
3.4.	Descripción del área de estudio.....	25
3.5.	Macro localización y micro localización.....	26
3.6.	Análisis y cálculo hidráulico del sistema.....	27
3.7.	Estimación de costos o presupuesto de la obra.....	27
IV.	Cálculos y resultados.....	28
4.1.	Descripción del sistema propuesto	28
	Periodo de diseño	28
	Cobertura	28
	Nivel de servicio y dotación de agua	28
4.2.	Estudio socioeconómico	29
4.2.1.	Características de la población.....	29
4.2.2.	Nivel de educación	30
4.2.3.	Situación ocupacional	31
4.2.4.	Ingreso mensual por familia	31

4.2.5.	Situación habitacional	32
4.2.6.	Situación actual del abastecimiento de agua en las comunidades	34
4.2.7.	Servicios existentes.....	35
4.2.8.	Medios de transporte.....	36
4.2.9.	Saneamiento básico.....	36
4.2.10.	Agua residual domiciliar	36
4.2.11.	Desechos sólidos	36
4.2.12.	Educación	36
4.2.13.	Salud.....	37
4.3.	Diseño de sistema de agua potable	37
4.3.1.	Estudio de población y consumo	37
4.3.2.	Proyección de la población.....	39
4.3.3.	Estimado de consumos	42
4.4.	Estudio hidrológico de la fuente.	44
4.5.	Caudal de explotación	45
4.6.	Calidad del agua.....	45
4.6.1.	Calidad físico química	46
4.7.	Diseño de obra de captación	46
4.7.1.	Obra de captación El Guineo.....	46
4.7.2.	Obra de captación El Cristal	51
4.8.	Líneas de conducción	52
4.8.1.	Línea de conducción El Guineo.....	52
4.8.2.	Línea de conducción El Cristal	63
4.9.	Pila de recepción	73
4.9.1.	Para comunidad El Cristal	73

4.10.	Tanque de almacenamiento	83
4.10.1.	Para el tanque de almacenamiento El Guineo:.....	83
4.10.2.	Para el tanque de almacenamiento El Cristal:	84
4.11.	Características de los tanques de almacenamiento.....	85
4.11.1.	Características de tanque El Guineo	85
4.11.2.	Características de tanque El Cristal.....	86
4.12.	Tratamiento	105
4.12.1.	Para comunidad El Guineo.....	106
4.12.2.	Para comunidad El Cristal	107
4.13.	Red de distribución.....	108
4.13.1.	Análisis hidráulico de la red.....	108
4.13.2.	Resultados de la modelación hidráulica	108
4.13.3.	Cantidad y tipo de tuberías en la red	128
4.13.4.	Accesorios dentro de la red	128
4.13.5.	Análisis de cloro residual.....	129
4.13.6.	Conexiones de Patio	136
4.14.	Costos del proyecto.....	136
4.14.1.	Costo de ejecución del proyecto.....	136
4.12.2.	Costos de operación y mantenimiento.....	137
4.13.3.	Costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño	142
4.14.4.	Tarifa de agua	144
4.15.	Estudio de impacto ambiental.....	145
4.15.1.	Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el período de construcción.....	145
4.15.2.	Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el período de operación	162

V.—Conclusiones	169
VI.—Recomendaciones	171
VII.—Bibliografía.....	172
VIII.Anexos	I

Índice de ilustraciones

Ilustración III-1. Mapa de Macro Localización de las Comunidades El Cristal y El Guineo, Ciudad Darío, Matagalpa	26
Ilustración III-2. Mapa de Micro Localización de las Comunidades El Cristal y El Guineo, Ciudad Darío, Matagalpa.	26
<i>Ilustración IV-1. Dotación de agua</i>	29
Ilustración IV-2. Dimensiones de la bomba seleccionada comunidad El Guineo	59
Ilustración IV-3. Dimensiones de la bomba seleccionada comunidad El Cristal	70
Ilustración IV-4. Cantidades requeridas de hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio para mezcla de cloro al 1%.....	106
Ilustración IV-5. Esquema de red de distribución en El Cristal	109
Ilustración IV-6. Resultado en escenario de consumo máximo hora en la comunidad El Cristal	110
Ilustración IV-7. Resultado en escenario de consumo promedio diario en la comunidad El Cristal	110
Ilustración IV-8. Análisis de presiones con consumo máxima hora en la red de distribución de El Cristal	111
Ilustración IV-9. Presiones para las condiciones consumo máxima hora en la red de distribución en El Cristal	112
Ilustración IV-10. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima hora de El Cristal	113
Ilustración IV-11. Velocidades para las condiciones de consumo máxima hora en la red de distribución en El Cristal.....	113
Ilustración IV-12. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Cristal	114

Ilustración IV-13. Presiones para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Cristal	115
Ilustración IV-14. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima día de El Cristal	116
Ilustración IV-15. Velocidades para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Cristal.....	116
Ilustración IV-16. Análisis de presiones en la red cuando la demanda es cero en la comunidad El Cristal	117
Ilustración IV-17. Presiones para las condiciones demanda cero en la red de distribución en El Cristal	118
Ilustración IV-18. Análisis de presiones con consumo máxima hora en la red de distribución de El Guineo	119
Ilustración IV-19. Resultado en escenario de consumo máximo hora en la comunidad El Guineo	119
Ilustración IV-20. Resultado en escenario de consumo promedio diario en la comunidad El Guineo	120
Ilustración IV-21. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Guineo.....	121
Ilustración IV-22. Presiones para las condiciones consumo máxima hora en la red de distribución en El Guineo	121
Ilustración IV-23. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima hora de El Guineo	122
Ilustración IV-24. Velocidades para las condiciones de consumo máxima hora en la red de distribución en El Guineo	123
Ilustración IV-25. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Guineo.....	124
Ilustración IV-26. Presiones para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Guineo	124
Ilustración IV-27. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima día de El Guineo	125

Ilustración IV-28. Velocidades para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Guineo	126
Ilustración IV-29. Análisis de presiones en la red cuando la demanda es cero en la comunidad El Guineo.....	127
Ilustración IV-30. Presiones para las condiciones demanda cero en la red de distribución en El Guineo	127
Ilustración IV-31. Cantidad y tipo de tubería en la red de distribución de El Cristal	128
Ilustración IV-32. Cantidad y tipo de tubería en la red de distribución de El Guineo...	128
Ilustración IV-33. Válvulas reguladoras de presión en las redes de distribución.....	129
Ilustración IV-34. Resumen de válvulas en las redes de distribución	129
Ilustración IV-35. Cloro residual que contiene el agua durante una hora de bombeo el Guineo	130
Ilustración IV-36. Cloro residual que contiene el agua durante seis horas de bombeo el Guineo	130
Ilustración IV-37. Cloro residual que contiene el agua durante doce horas de bombeo el Guineo	131
Ilustración IV-38. Cloro residual que contiene el agua cuatro horas después de terminar el bombeo el Guineo.....	131
Ilustración IV-39. Cloro residual que contiene el agua durante una hora de bombeo el Cristal	132
Ilustración IV-40. Cloro residual que contiene el agua durante seis horas de bombeo el Cristal	133
Ilustración IV-41. Cloro residual que contiene el agua durante doce horas de bombeo el Cristal	134
Ilustración IV-42. Cloro residual que contiene el agua cuatro horas después de terminar el bombeo el Cristal	135
Ilustración IX-1. Relación Diámetro Columna de Bombeo Vs Caudal de Bombeo ¡Error! Marcador no definido.	
Ilustración IX-2. Características de bomba de El Guineo	I
Ilustración IX-3. Características de bomba de El Cristal.....	II
Ilustración IX-4. Curva característica de las bombas.....	III

Ilustración IX-5. Niños trasladando agua hacia sus viviendas.	IV
Ilustración IX-6. Personas trasladando agua para su consumo.....	V
Ilustración IX-7. Levantamiento topográfico con estación total	V
Ilustración IX-8. Uso de estación total para realizar levantamiento topográfico	VI
Ilustración IX-9. Pozo El Cristal.....	VII
Ilustración IX-10. Aforo de una de las vertientes del Ojo de Agua ubicado en comunidad El Guineo	VII
Ilustración IX-11. Vertiente No. 01 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	VIII
Ilustración IX-12. Vertiente No. 02 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	VIII
Ilustración IX-13. Vertiente No. 03 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	IX
Ilustración IX-14. Vertiente No. 04 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	IX
Ilustración IX-15. Vertiente No. 05 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	X
Ilustración IX-16. Vertiente No. 06 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo	XI

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Población futura	11
Ecuación 2. Diámetro económico para línea de conducción	19
Ecuación 3. Presión del agua	47
Ecuación 4. Esfuerzo efectivo	47
Ecuación 5. Esfuerzo activo	48
Ecuación 6. Esfuerzo pasivo	48
Ecuación 7. Fuerza activa.....	49
Ecuación 8. Fuerza pasiva.....	49
<i>Ecuación 9. Momento desestabilizador</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 10. Factor de seguridad contra volteo</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 11. Fuerza resistente al deslizamiento</i>	<i>50</i>
<i>Ecuación 12. Factor de seguridad por capacidad de carga.....</i>	<i>51</i>
<i>Ecuación 13. Presión máxima o presión en la punta.....</i>	<i>51</i>
<i>Ecuación 14. Presión mínima o presión en el talón.....</i>	<i>51</i>
<i>Ecuación 15. Capacidad de carga última</i>	<i>51</i>

<i>Ecuación 16. Potencia de la bomba</i>	52
<i>Ecuación 17. Caudal de bombeo</i>	53
<i>Ecuación 18. Altura total dinámica de la bomba</i>	54
<i>Ecuación 19. Pérdidas por fricción de Hazen-Williams</i>	55
<i>Ecuación 20. Longitud real de tubería</i>	55
<i>Ecuación 21. Velocidad del agua en la tubería</i>	60
<i>Ecuación 22. Celeridad</i>	61
<i>Ecuación 23. Golpe de ariete</i>	62
<i>Ecuación 24. Carga estática de la fuente</i>	62
<i>Ecuación 25. Presión total del agua en la tubería</i>	63
<i>Ecuación 26. Carga total dinámica</i>	64
<i>Ecuación 27. Nivel dinámico de la fuente</i>	65
<i>Ecuación 28. Carga estática en la descarga</i>	66
<i>Ecuación 29. Longitud de columna</i>	66
<i>Ecuación 30. Peso del cloro a disolver</i>	106
<i>Ecuación 31. Tiempo de recarga del cloro</i>	106
<i>Ecuación 32. Consumo máxima hora</i>	109
<i>Ecuación 33. Consumo promedio diario</i>	120
<i>Ecuación 34. Tarifa anual por vivienda para costos de operación y mantenimiento</i> ...	144

Índice de tablas

<i>Tabla II-1. Periodos de diseño de componentes de sistema de agua potable</i>	10
<i>Tabla II-2. Relación Diámetro Columna de Bombeo y Caudal de Bombeo</i>	15
<i>Tabla II-3. Relación Diámetro Columna de Bombeo y Caudal de Bombeo</i>	16
<i>Tabla IV-1. Períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable</i>	28
<i>Tabla IV-2. Resumen poblacional</i>	29
<i>Tabla IV-3. Poblaciones de años anteriores en la comunidad El Guineo</i>	38
<i>Tabla IV-4. Tasa de crecimiento poblacional comunidad El Guineo</i>	38
<i>Tabla IV-5. Poblaciones de años anteriores en la comunidad El Cristal</i>	39

<i>Tabla IV-6. Tasa de crecimiento poblacional comunidad El Cristal</i>	<i>39</i>
<i>Tabla IV-7. Proyección de población comunidad El Guineo</i>	<i>40</i>
<i>Tabla IV-8. Proyección de población comunidad El Cristal</i>	<i>41</i>
<i>Tabla IV-9. Dotación y consumos de la población de la comunidad El Guineo</i>	<i>42</i>
<i>Tabla IV-10. Dotación y consumos de la población de la comunidad El Cristal.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla IV-11. Momento resistente para dique en comunidad El Guineo</i>	<i>49</i>
<i>Tabla IV-12. Longitud Equivalente por accesorio.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla IV-13. Resumen de Accesorios en línea de impulsión comunidad El Guineo</i>	<i>58</i>
<i>Tabla IV-14. Espesor de tubería según su diámetro</i>	<i>61</i>
<i>Tabla IV-15. Coeficiente de elasticidad (K) de las tuberías según el material.</i>	<i>62</i>
<i>Tabla IV-16. Valoración de criterios de línea de conducción comunidad El Guineo</i>	<i>63</i>
<i>Tabla IV-18. Resumen de Accesorios en línea de impulsión comunidad El Cristal</i>	<i>68</i>
<i>Tabla IV-21. Valoración de criterios de línea de conducción comunidad El Cristal.....</i>	<i>72</i>
<i>Tabla IV-22. Dimensiones mínimas del receptor</i>	<i>73</i>
<i>Tabla IV-23. Medidas finales del tanque</i>	<i>73</i>
<i>Tabla IV-24. Volumen útil del tanque</i>	<i>74</i>
<i>Tabla IV-25. Relación L/S</i>	<i>74</i>
<i>Tabla IV-26. Datos para losa en dos direcciones</i>	<i>74</i>
<i>Tabla IV-27. Espesor mínimo de losa</i>	<i>74</i>
<i>Tabla IV-28. Espesor de losa.....</i>	<i>75</i>
<i>Tabla IV-29. Peso propio de la losa</i>	<i>75</i>
<i>Tabla IV-30. Carga mayorada.</i>	<i>75</i>
<i>Tabla IV-31. Revisión por cortante en una dirección</i>	<i>75</i>
<i>Tabla IV-32. Revisión por cortante en dos direcciones</i>	<i>75</i>
<i>Tabla IV-33. Área sometida a cortante.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-34. Cálculo de la flexión torsional</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-35. Cálculo de la flexión de columnas.....</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-36. Cálculo de K_{ec}</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-37. Determinación de la rigidez de la losa y su radio</i>	<i>76</i>
<i>Tabla IV-38. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa</i>	<i>77</i>
<i>Tabla IV-39. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa</i>	<i>77</i>

Tabla IV-40. Cálculo de acero en la dirección larga	77
Tabla IV-41. Cálculo de acero en la dirección corta	78
Tabla IV-42. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Cristal	78
Tabla IV-43. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Cristal	78
Tabla IV-44. Cálculo de las cargas muertas.....	79
Tabla IV-45. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Cristal	79
Tabla IV-46. Cálculo el peso del muro y sus momentos reactivos.....	79
Tabla IV-47. Carga total del muro de concreto ciclópeo	79
Tabla IV-48. Momento activo del agua del muro de concreto ciclópeo.....	79
Tabla IV-49. Revisión de muro de concreto ciclópeo contra volteo	80
Tabla IV-50. Revisión de muro de concreto ciclópeo contra deslizamiento	80
Tabla IV-51. Revisión de muro de concreto ciclópeo por capacidad de carga	80
Tabla IV-52. Datos para el diseño de losa de piso en El Cristal	80
Tabla IV-53. Determinación del espesor de la losa de piso.....	81
Tabla IV-54. Cálculo de cargas últimas en la losa de piso	81
Tabla IV-55. Determinación de carga viva	81
Tabla IV-56. Cálculo de carga última total.....	81
Tabla IV-57. Determinación de coeficiente de momento	81
Tabla IV-58. Cálculo de los momentos de la losa de piso	82
Tabla IV-59. Peralte efectivo de la losa de piso	82
Tabla IV-60. Cálculo de acero en el área de tensión y compresión de la losa de piso .	82
Tabla IV-61. Cálculo de área de acero mínima y el espaciamiento máximo.....	82
Tabla IV-62. Revisión por cortante de la losa de piso	82
Tabla IV-63. Determinación del volumen de agua que debe almacenar el tanque en la comunidad El Guineo.....	83
Tabla IV-64. Determinación del volumen de agua que debe almacenar el tanque en la comunidad El Cristal	84
Tabla IV-65. Dimensiones mínimas de tanque de almacenamiento en la comunidad El Guineo	85
Tabla IV-66. Dimensiones de tanque de almacenamiento en la comunidad El Guineo .	85

Tabla IV-67. Determinación del volumen útil del tanque de almacenamiento de la comunidad El Guineo.....	86
Tabla IV-68. Dimensiones mínimas de tanque de almacenamiento en la comunidad El Cristal	86
Tabla IV-69. Dimensiones de tanque de almacenamiento en la comunidad El Cristal .	87
Tabla IV-70. Determinación del volumen útil del tanque de almacenamiento de la comunidad El Cristal	87
Tabla IV-71.. Relación L/S para losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	87
Tabla IV-72. Datos para cálculo de losas en dos direcciones para tanque de almacenamiento El Guineo	87
Tabla IV-73. Espesor mínimo de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	88
Tabla IV-74. Espesor de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	88
Tabla IV-75. Peso propio de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	88
Tabla IV-76. Carga última mayorada de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	88
Tabla IV-77. Peralte de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	89
Tabla IV-78. Revisión por cortante en una dirección de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	89
Tabla IV-79. Revisión por cortante en dos direcciones de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	89
Tabla IV-80. Cálculo de cortante en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	89
Tabla IV-81. Determinación de flexión torsional en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	89
Tabla IV-82. Determinación de flexión de columnas en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	90

Tabla IV-83. Cálculo de rigidez de losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	90
Tabla IV-84. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	90
Tabla IV-85. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo	90
Tabla IV-86. Cálculo de acero en la dirección larga en la losa de cubierta del tanque en El Guineo	91
Tabla IV-87. Cálculo de acero en la dirección corta en la losa de cubierta del tanque en El Guineo	91
Tabla IV-88. Relación L/S para losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	91
Tabla IV-89. Datos para cálculo de losas en dos direcciones para tanque de almacenamiento El Cristal	92
Tabla IV-90. Espesor mínimo de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	92
Tabla IV-91. Espesor de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	92
Tabla IV-92. Peso propio de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	92
Tabla IV-93. Carga última mayorada de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	93
Tabla IV-94. Peralte de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	93
Tabla IV-95. Revisión por cortante en una dirección de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	93
Tabla IV-96. Revisión por cortante en dos direcciones de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal.....	93
Tabla IV-97. Cálculo de cortante en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	94

Tabla IV-98. Determinación de flexión torsional en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	94
Tabla IV-99. Determinación de flexión de columnas en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	94
Tabla IV-100. Cálculo de rigidez de losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	94
Tabla IV-101. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	95
Tabla IV-102. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal	95
Tabla IV-103. Cálculo de acero en la dirección larga en la losa de cubierta del tanque en El Cristal	95
Tabla IV-104. Cálculo de acero en la dirección corta en la losa de cubierta del tanque en El Cristal	96
Tabla IV-105. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Guineo	96
Tabla IV-106. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Guineo	97
Tabla IV-107. Cálculo del esfuerzo efectivo en el muro de concreto ciclópeo en El Guineo	97
Tabla IV-108. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Guineo	97
Tabla IV-109. Momentos estabilizantes del muro en El Guineo	97
Tabla IV-110. Carga total en el muro de El Guineo	98
Tabla IV-111. Momento activo del agua en el muro de El Guineo	98
Tabla IV-112. Factor contra volteo en el muro de El Guineo	98
Tabla IV-113. Factor contra deslizamiento en el muro de El Guineo	98
Tabla IV-114. Factor de seguridad por capacidad de carga en el muro de El Guineo ..	98
Tabla IV-115. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Cristal	99
Tabla IV-116. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Cristal	99
Tabla IV-117. Cálculo del esfuerzo efectivo en el muro de concreto ciclópeo en El Cristal	99
Tabla IV-118. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Cristal	99
Tabla IV-119. Momentos estabilizantes del muro en El Cristal	100

Tabla IV-120. Carga total en el muro de El Cristal	100
Tabla IV-121. Momento activo del agua en el muro de El Cristal	100
Tabla IV-122. Factor contra volteo en el muro de El Cristal	100
Tabla IV-123. Factor contra deslizamiento en el muro de El Cristal	100
Tabla IV-124. Factor de seguridad por capacidad de carga en el muro de El Cristal .	101
Tabla IV-125. Datos para el diseño de losa de piso en El Guineo.....	101
Tabla IV-126. Espesor de losa de piso en El Guineo	101
Tabla IV-127. Cálculo de carga última en losa de piso en El Guineo	102
Tabla IV-128. Coeficiente en losa de piso en El Guineo	102
Tabla IV-129. Momentos en la losa de piso en El Guineo	102
Tabla IV-130. Peralte efectivo de la losa de piso en El Guineo	102
Tabla IV-131. Acero en la losa de piso en El Guineo	103
Tabla IV-132. Revisión por cortante en la losa de piso en El Guineo	103
Tabla IV-133. Datos para el diseño de losa de piso en El Cristal	103
Tabla IV-134. Espesor de losa de piso en El Cristal.....	104
Tabla IV-135. Cálculo de carga última en losa de piso en El Cristal.....	104
Tabla IV-136. Coeficiente en losa de piso en El Cristal	104
Tabla IV-137. Momentos en la losa de piso en El Cristal	104
Tabla IV-138. Peralte efectivo de la losa de piso en El Cristal	105
Tabla IV-139. Acero en la losa de piso en El Cristal.....	105
Tabla IV-140. Revisión por cortante en la losa de piso en El Cristal	105
Tabla IV-141. Resumen de costos en ejecución del proyecto en la comunidad El Guineo	136
Tabla IV-142. Resumen de costos en ejecución del proyecto en la comunidad El Cristal	137
Tabla IV-143. Organización de CAPS en la comunidad El Guineo.....	138
Tabla IV-144. Organización de CAPS en la comunidad El Cristal	138
Tabla IV-145. 4.14.3. Resumen de costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño en El Guineo	142
Tabla IV-146. Resumen de costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño en El Cristal	143

Tabla IV-147. Descripción de indicadores ambientales	146
Tabla IV-148. Resumen de actividades del proyecto en la construcción	147
Tabla IV-149. Matriz de identificación de impactos ambientales en la construcción del proyecto	150
Tabla IV-150. Matriz de valoración de impactos ambientales en la construcción del proyecto	154
Tabla IV-151. Matriz de importancia de los impactos ambientales en la construcción del proyecto	156
Tabla IV-152. Medidas de mitigación por el impacto ambiental en la construcción del proyecto	157
Tabla IV-153. Selección de indicadores ambientales en la operación del proyecto....	162
Tabla IV-154. Matriz de valoración de impactos ambientales en la operación del proyecto	165
Tabla IV-155. Matriz de importancia de los impactos ambientales en la operación del proyecto	167
Tabla IV-156. Medidas de mitigación de impactos ambientales en la operación del proyecto	168

I. Generalidades

1.1. Introducción

Los sistemas de abastecimiento de agua potable del país son característicos ya que se cuenta con gran riqueza hídrica que se percibe a través de ríos, lagos, lagunas, quebradas, arroyos, manantiales y demás fuentes naturales. La variedad de tipos de fuentes de agua es el causal de que cada obra de captación sea particular.

A como lo menciona el BCIE: “Uno de sus principales alcances es el incremento en la cobertura de agua potable del 81.07% al 94.08%, así como una cobertura de los servicios de alcantarillado sanitario del 74.5%, equivalente a 7,900 conexiones domiciliarias nuevas”. (Banco Centroamericano de Integración Económica, 2020).

El presente trabajo ha sido motivado por la necesidad de un servicio vital como el agua potable en las comunidades rurales El Cristal y El Guineo del municipio de Ciudad Darío departamento de Matagalpa.

Este es un municipio en constante crecimiento ya que, según datos del plan de desarrollo de la alcaldía municipal, la tasa de crecimiento anual de esta ciudad es 1.83% y en el pasado año 2020 se contaba con una población de más de 64,000 habitantes, todo este aumento creciente en la tasa poblacional ha generado numerosos problemas en la planeación de la distribución de los suministros y servicios básicos, siendo uno de estos y quizás el principal, el abastecimiento de agua potable.

Por tanto, al ser una necesidad tan inminente se plantea hacer un diseño de sistema de agua potable que pueda suplir la necesidad de las comunidades antes mencionadas y así mejorar sus niveles de vida. Todo esto cumplirá los estándares de calidad y periodos de diseños establecidos en las normas que rigen nuestro país para zonas rurales (INAA 2000).

Para su realización se deben considerar diversos estudios que definan la condición de las comunidades, realizar un plan de proyecto y una propuesta de diseño que sea óptima

y fiable, así como diferentes alternativas, ya que todos estos parámetros son de gran importancia por lo que requieren una absoluta atención.

De modo que con este estudio se pretende dar solución a la antes planteada necesidad de las comunidades “El Cristal y El Guineo”, tanto en el momento como que se ejecute el proyecto como en el periodo de diseño establecido.

1.2. Antecedentes

En ciudad Darío se brinda el servicio público de agua potable bajo la administración de ENACAL, que abastece a más de 50,000 personas a través de conexiones domiciliarias.

Algunas comunidades que son alejadas del casco urbano de la ciudad no poseen conexión domiciliar, sino que tienen puestos comunales (pozos públicos), como es el caso de las comunidades El Cristal y El Guineo, que, desde hace más de cinco años, cuentan con pozos perforados. Estos son los que suministran el vital líquido, entre estas dos comunidades funcionan tres pozos por lo que se han dividido en tres sectores las comunidades antes mencionadas. Dichos pozos fueron construidos con financiamiento del FISE del año 2007 a 2015. Cada pozo, se le proporciona mantenimiento de parte de fondos de la comunidad, así como de la división técnica de la alcaldía municipal de Ciudad Darío.

Las comunidades cercanas a estas ya cuentan con sistemas de agua potable que han sido ejecutadas con fondos de distintas organizaciones, los detalles se especifican a continuación:

La comunidad El Bijao cuenta con un acueducto por gravedad, construido en el año 2010, actualmente abastece a más de 30 familias ubicadas en la localidad. (Empresa nicaraguense de acueductos y alcantarillados, 2021)

La comunidad Llanos de Tamalapa cuenta con un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), que abastece alrededor 135 viviendas, construido en el año 2012. (Empresa nicaraguense de acueductos y alcantarillados, 2021)

La comunidad Ojo de Agua de Tamalapa cuentan con un mini acueducto por bombeo eléctrico (MABE), que abastece alrededor de 80 viviendas, construido en el año 2015. (Empresa nicaraguense de acueductos y alcantarillados, 2021)

Los pobladores de la comunidad de El Cristal y El Guineo, carentes del servicio de agua potable, anterior a la construcción de los pozos, se abastecían para sus gastos y necesidades básicas de quebradas, ríos y en algunos casos, pozos artesanales, que están ubicados en los tres sectores en que se divide la comunidad, para consumo propio.

La actividad de cosecha de granos básicos, como el frijol, y actividades de campo como la ganadería, son las principales fuentes de trabajo en estas comunidades.

En temporada seca, el deterioro de este recurso hace que cada día numéricamente sean más los que no tengan acceso a este vital líquido; por lo que lo escaso del agua es su acceso y distribución a la población.

Según la alcaldesa de Darío “esta problemática ya tiene mucho tiempo perjudicando a los habitantes de este lugar, además que se pueden desatar diferentes epidemias por falta de agua”, haciendo el llamado a las autoridades “El sistema de abastecimiento de agua potable está próximo a ser evaluado y cumplir todas las especificaciones que requiere el proyecto”. Es posible referirse a la situación de las comunidades El Cristal y El Guineo, como la falta de un sistema de agua potable que abastezca a la población de cada comunidad.

1.3. Justificación

Las comunidades El Cristal y El Guineo, eran asentamientos pequeños los cuales han ido creciendo en densidad poblacional, estas no cuentan con un sistema de agua potable que les lleve el vital líquido hasta sus viviendas, solo cuenta con tres pozos comunales ubicados por sectores, de los cuales los pobladores trasladan agua a través de carretas y otros medios para suplir la demanda de agua, recorriendo grandes distancias.

La alcaldía ha recibido numerosas solicitudes de parte de los dirigentes de las comunidades para que se construya un sistema de agua potable en las dos comunidades

que colindan, ya que, para conducir agua consumen demasiado tiempo, se exponen al peligro de viajar a través de caminos desolados, dejar las viviendas solas por mucho tiempo y tener una condición física desmejorada debido al esfuerzo físico que se practica al realizar dicha actividad, además los niños no van a sus centros de clases ya que no cuentan con agua para asearse. Además, se propagan rápidamente virus y enfermedades a través del agua y no se cuenta con un puesto de salud cercano.

En este trabajo, se pretende realizar un diseño de agua potable que pueda suplir la necesidad de esta población adaptándose a sus características geográficas y topográficas, además de cumplir con todas las normas y especificaciones que rigen el país para la zona rural. Brindando así un servicio en calidad y cantidad necesaria que llegue hasta cada hogar.

Este diseño contará con conexión domiciliar para cada vivienda que pertenezca a las comunidades en cuestión. También, tendrá un puesto de bombeo en un pozo donde se extraerá el agua para ser almacenada en un tanque, donde se tratará el vital líquido para potabilizarlo al menor costo posible. De esta forma, se busca un sistema seguro para la población y amigable con el medio ambiente.

Al diseñar este sistema se realiza un avance muy importante en la planeación del proyecto, para después construirlo y mejorar la calidad de vida de las personas, puesto que contarían con una red de agua potable que trasladaría el vital líquido a los hogares. La población no tendría la necesidad de andar largas distancias para llevar agua a sus hogares. La condición de salud mejoraría porque al tener agua potable se evita el crecimiento parasitario en los beneficiarios, se reduce la propagación de enfermedades por medio del agua. Se libera tiempo para que la población lo dedique a sus actividades agrícolas y se restituye el derecho a la educación de niños de la zona.

Este proyecto ejecutado además de mejorar la calidad de vida de la población beneficiada cuidaría y aseguraría el correcto manejo y aprovechamiento del medio ambiente. Ya que se estudiaría ampliamente las consecuencias de la ejecución del sistema de agua potable en la flora y fauna, así como se brindarían las medidas necesarias para mitigar y mejorar el medio ambiente de dichas comunidades. Cabe

recalcar que se debe hacer un buen uso de los recursos naturales, ya que si no se tratan los daños provocados se pueden secar las fuentes de agua o puede bajar su nivel freático.

1.4. Objetivos

Objetivo general

- Diseñar el sistema de agua potable en las comunidades El Cristal y El Guineo en Ciudad Darío, para el mejoramiento de la calidad de vida de la población beneficiada.

Objetivos específicos

- Realizar el estudio socioeconómico de las comunidades El Cristal y El Guineo utilizando encuestas, plan de desarrollo de la ciudad y norma NTON 09 003-99, para la determinación de la proyección poblacional y el análisis de las posibilidades económicas de los mismos.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona en estudio para conocer su relieve y curvas de nivel utilizando estación total.
- Elaborar planos topográficos de las comunidades en cuestión empleando softwares como AutoCAD y Civil3D para trazar la ruta del sistema de agua potable.
- Diseñar el sistema de abastecimiento de agua potable empleando conocimientos hidráulicos, topográficos y aplicando el software EPANET para la determinación de las características de la red y el correcto comportamiento hidráulico del sistema.
- Valorar el impacto ambiental que generará el proyecto, a través de métodos correspondientes como la matriz de Leopold, para brindarles medidas de mitigación durante la ejecución de las obras.
- Elaborar el presupuesto del proyecto haciendo cotizaciones para la valoración del costo de la ejecución de la obra.

1.5. Limitaciones

- No se pudo realizar un estudio de suelos en las bases de los tanques, pila de recepción y obra de captación de ambas comunidades debido al alto costo de los ensayos.
- No se diseñó el proceso de osmosis inversa para reducir la conductividad eléctrica del agua a potabilizar porque tiene altos costos y no puede ser solventado por las comunidades.

II. Marco teórico

2.1. Generalidades

Al realizar un diseño de agua potable se debe anticipar la necesidad futura de la población beneficiada no solo con lo que se cuenta en el momento actual, previendo así el crecimiento en un periodo de tiempo que pueden variar entre 10 y 20 años; siendo necesario estimar la población futura que habrá al final del periodo de diseño. Con esta población futura se determinará la demanda de agua al final de periodo de diseño.

A continuación, se describe la base teórica y criterios de diseño necesarios para la formulación de proyectos de agua potable en zona rural, basados en la norma nacional.

2.2. Generalidades de los componentes del sistema de abastecimiento de agua

2.2.1. Captación y principales fuentes de abastecimientos

El manual de diseño (CONAGUA, 2007), expresa lo siguiente acerca de las posibles fuentes de abastecimiento para proyectos de agua potable:

Las fuentes de abastecimiento por lo general deben ser permanentes y suficientes, de no ser así se busca la combinación de otras fuentes de abastecimiento para suplir la demanda. Pueden ser fuentes superficiales (ríos, lagos, mar) o subterráneas (acuíferos).

Los tipos de captación son:

✓ Captación de aguas superficiales

La captación de aguas superficiales como ríos, lagos y represas es una estructura a nivel del terreno mediante la cual se hace uso y aprovechamiento del agua de la fuente que corresponda, ya sea por gravedad (nivel del terreno) o por bombeo, para garantizar el suministro del recurso a una población.

✓ **Captación de agua subsuperficiales**

Se refiere el término “subsuperficial” al agua que infiltra a escasa profundidad, en la cual, por ser la interfase río -acuífero, el nivel del agua freática se encuentra a escasa profundidad. Por efecto de la infiltración del agua de la corriente en el subsuelo, ésta es de buena calidad.

✓ **Captación de agua subterránea**

Las aguas subterráneas tienen numerosas ventajas sobre las demás fuentes de agua entre estas tenemos que son de mejor calidad al ser comparadas con el agua superficial, y lo más importante que el agua subterránea representa el 97% del agua dulce disponible en el planeta por lo que constituye uno de los recursos más importantes para los humanos.

Para el desarrollo de esta tesis se tendrá como fuente de abastecimiento un pozo perforado, en la comunidad El Cristal y un manantial, en la comunidad El Guineo. Estos brindan un caudal mayor al demandado por cada comunidad. El objetivo principal es utilizar fuentes de calidad que no requieran grandes infraestructuras para el potabilizar el agua.

2.2.2. Consumo de agua potable

El consumo de agua potable se calcula por el gasto de cada persona ya sea por día o por hora, este se calcula para el periodo de diseño ya establecido. Estos dependen de la fuente de agua a utilizar para el suministro del líquido.

2.2.3. Demanda de agua potable

La demanda de agua potable es la cantidad del vital líquido que necesita la población de una comunidad en estudio para subsistir. Es decir, “es la cantidad de agua que requiere cada persona de la población, expresada en litros/habitante/día. Conocida la dotación, es necesario estimar el consumo promedio diario anual, el consumo máximo diario y el consumo máximo horario” (CONAGUA , 2016).

2.2.4. Dotación

La dotación es utilizada para determinar la cantidad de agua que la población necesita actualmente y en el final del periodo de diseño, como lo expresa la norma técnica:

“La dotación de agua, expresada como la cantidad de agua por persona por día está en dependencia de: nivel de servicio adoptado, factores geográficos, factores culturales y uso del agua”. (INAA, 2000) p.10.

Por tanto, la dotación será de 60 lppd debido a que se diseñarán conexiones domiciliarias de patio en ambas comunidades, según el acápite de dotación de la NTON (norma rural). También se tomará el valor máximo en el intervalo asegurando la continuidad del servicio.

2.2.5. Coeficientes de variación

Los coeficientes de variación muestran las diversificaciones de consumos que realiza la población a lo largo de un año por distintos motivos. CONAGUA (2016), afirma: “Los coeficientes de variación se derivan de la fluctuación de la demanda debido a los días laborales y otras actividades” (p14). Por este tipo de fluctuaciones es de gran importancia definir los gastos de máximo día y de máxima hora.

Estos gastos dependen del consumo promedio diario que depende de la dotación por persona y la cantidad de personas en los años de operación del proyecto que serán beneficiadas.

2.2.6. Calidad del agua

Antes de utilizar el agua de cuál sea la fuente captación se debe asegurar que cumpla con todos los parámetros para poder ser ingerida por seres humanos, como las normas especifican:

El artículo 5 de la Norma regional (CAPRE, 1994) establece los requisitos básicos, a los cuales debe responder la calidad del agua suministrada en los servicios para consumo humano y para todo uso doméstico, independientemente de su estado, origen o después de su tratamiento.

El objetivo principal de todo proyecto de agua es mejorar la calidad de vida de los pobladores beneficiados por lo que siempre se busca cuidar de la salud de estos, por lo que en el artículo 3 de la norma regional estipula:

El objetivo de esta Norma es proteger la salud pública y, por consiguiente, ajustar, eliminar o reducir al mínimo aquellos componentes o características del agua que pueden representar un riesgo para la salud de la comunidad e inconvenientes para la preservación de los sistemas de abastecimiento del agua (CAPRE, 1994).

2.3. Parámetros de diseño de los sistemas de conducción y distribución basados en las normas y criterios del INAA

2.3.1. Periodos de diseño

Los periodos de diseño se aplican a cada parte del proyecto en cuestión. Estos datos de vida útil de cada estructura que forma parte del diseño deben satisfacer lo especificado en la Norma Rural para el Diseño de Sistemas de Agua Potable.

Tabla II-1. Periodos de diseño de componentes de sistema de agua potable

Tipos de componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: INAA 2000

Por tanto, se selecciona el mayor periodo de diseño de los elementos del sistema para proyectar la población al final de la operación del proyecto. Así, se selecciona el periodo de 20 años como vida útil del proyecto en general del 2021-2041.

2.3.2. Parámetros de diseño

Según INAA (2000): “la población a servir es el parámetro básico, para dimensionar los elementos que constituyen el sistema”.

La determinación de la población debe tomar muchos parámetros en cuenta que dependen de las características de las personas que se benefician del proyecto. Los datos a utilizar son las tasas de crecimiento poblacional, censos nacionales y datos que tengan las alcaldías y el MINSA.

También se incluyen las características de la comunidad en estudio para determinar los caudales destinados a la industria, el comercio, uso doméstico y el destinado a las áreas comunitarias o públicas.

En ambas comunidades se cuenta con escuelas e iglesias. La comunidad El Cristal cuenta con un puesto de salud. Ninguna comunidad cuenta con una zona comunal para un mercado o puesto de venta y tampoco hay zonas industriales. Por tanto, solo se toma el consumo doméstico y el consumo público que es el 7% de consumo doméstico.

- **Proyección de la población**

Para el cálculo de las poblaciones futuras se usará el método geométrico expresado por la formula siguiente:

Ecuación 1. Población futura

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

P_n : Población en el año “n”

P_0 : Población al inicio del periodo de diseño

r : Tasa de diseño de crecimiento en el periodo de diseño expresado en notación decimal.

n : Número de años que comprende el período de diseño

Si no se dispone de datos de población al inicio del período de diseño, deberá efectuarse un censo poblacional por medio de los representantes comunitarios o promotores sociales, previamente entrenados. Conviene conocer la tasa de crecimiento histórico nacional, para compararla con la obtenida en cada caso particular. Los valores anuales varían de 2.5% a 4%. El proyectista deberá justificar la adopción de tasas de crecimiento diferente a los valores indicados. (INAA, 2000).

- **Determinación de las variaciones de consumo**

Las variaciones de consumo, para realizar un análisis dinámico, se establecen durante 24 horas y se seccionan en periodos de tiempo. La hora cero posee un consumo de 0 lps y se mantiene este consumo hasta las 4 de la mañana. Luego se establece un flujo creciente de 4 a 8 donde el flujo incrementa de forma constante hasta alcanzar un 80% del caudal máximo de diseño.

De las 8 a las 13 horas se mantiene la demanda máxima de flujo, por tanto, se mantiene en flujo el caudal máximo de diseño. De las 13 horas a las 19 horas el flujo decrece de forma constante. Para finalizar, la demanda de flujo se mantiene en 0 lps de las 19 a las 24 horas.

Sin embargo, según INAA:

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

Estos valores son los siguientes:

- Consumo máximo día (CMD)= $1.5 \text{ CPD (Consumo promedio diario)} + Q_{\text{fugas}}$
- Consumo máximo hora (CMH)= $2.5 \text{ CPD (Consumo promedio diario)} + Q_{\text{fugas}}$

Donde:

Q_{fugas} : 20% de CPM

- **Velocidades permisibles en tuberías**

Los fenómenos transitorios como la turbulencia, el golpe de ariete y la sedimentación en las tuberías son causadas por la rápida o lenta velocidad de flujo de las tuberías, por tanto, se ha especificado un rango de velocidades, según INAA (2000), que se detalla a continuación:

- Velocidad mínima: 0.4 m/s
- Velocidad máxima: 2.0 m/s

- **Presiones máximas y mínimas**

Las presiones deben ser adecuadas en un sistema para asegurar el correcto funcionamiento del mismo. INAA (2000), establece un rango de presiones que debe cumplirse, que son los siguientes:

- Presión mínima: 5.0 m
- Presión máxima: 50.0 m

- **Cobertura sobre tuberías**

Según INAA (2000):

Para sitios que correspondan a cruces de carreteras y caminos con mayor afluencia de tráfico se recomienda mantener una cobertura mínima de 1.20 metros sobre la corona de las tuberías, y en caminos de poco tráfico vehicular, una cobertura de 1.0 metro sobre la corona del tubo.

- **Pérdidas en el sistema**

Para INAA (2000):

Cuando se proyectan Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable, es necesario considerar las pérdidas que se presentan en cada uno de sus componentes, la cantidad

total de agua pérdida se fija como un porcentaje del consumo promedio diario cuyo valor no deberá ser mayor del 20% del caudal promedio diario.

- **Resistencia de la tubería y su material**

La resistencia mínima de tubería que posea el diseño deberá elegirse acorde al tipo de suelo donde estará ubicada, la presión que llevará y clasificación de tubería de acuerdo a su tipo de conexión.

La tubería puede tener varios tipos de material o puede ser único. Sin embargo, estos materiales se eligen durante el diseño de agua y pueden ser de hierro galvanizado, de concreto, de hierro fundido, de plástico o asbesto cemento.

- **Estación de bombeo**

Las estaciones de bombeo se utilizan cuando la fuente de abastecimiento está ubicada en una cota más baja respecto a la cota donde se ubica la población beneficiada. Estas estaciones pueden usarse en obras de captación como manantiales, pozos perforados o excavados, lagunas y demás.

Estas estructuras se subdividen en pequeñas estructuras que también deben diseñarse y se conocerán a continuación:

- **Caseta de control**

Según INAA (2000) *“la caseta de control se diseña de mampostería reforzada acorde a un modelo típico, incluyéndose la iluminación, ventilación y desagüe, tiene la función de proteger los equipos eléctricos y mecánicos”*.

- **Fundaciones de equipos de bombeo**

Para INAA (2000) *“la fundación del equipo de bombeo se diseña de acuerdo a las dimensiones y característica del equipo, generalmente es de concreto reforzado con una resistencia a la compresión de 210 kg/cm² a los 28 días”*.

2.3.3. Equipos de bombeo

- **Bombas verticales**

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

- Nivel de bombeo de acuerdo a los resultados de las pruebas de bombeo efectuadas al pozo.
- Variaciones estacionales o niveles naturales del agua subterránea en las estaciones seca y lluviosa.
- El diámetro del ademe del pozo, el cual debe estar relacionado al caudal a extraerse según el cuadro siguiente:
- El diámetro de la columna de bombeo dentro del pozo acoplada a la bomba será diseñado para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud, por lo cual se recomiendan los diámetros para columnas de bombeo en relación al caudal, en el cuadro siguiente se reflejan estos valores.

Tabla II-2. Relación Diámetro Columna de Bombeo y Caudal de Bombeo

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

Fuente: INAA (2000)

- Calidad del eje.
- Tipo de impulsores.
- Característica del arranque y puesta en marcha.

- Flexibilidad de operación.
- Curvas características de las bombas.
- Golpe de ariete.
- Tuberías en succión y descarga de equipos de bombeo.

Nota: El diámetro de la tubería de succión y de impulsión no deberán ser menores que las admitidas por las bombas, en caso de que el diámetro de la tubería de succión sea mayor que el de la admisión de la bomba (bombas horizontales), se debe conectar una reducción excéntrica.

- La velocidad que se recomienda en la tubería de succión se indica en el cuadro 6.3 del INAA (2000).

Tabla II-3. Relación Diámetro Columna de Bombeo y Caudal de Bombeo

Velocidad	Diámetro	Caudal
m/s	mm	L/s
0.75	50	Hasta 1.5
1.1	75	5
1.3	100	10

Fuente: INAA (2000)

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

Las sarts deberán llevar:

- ✓ Medidor maestro
- ✓ Manómetro con llave de chorro ½"
- ✓ Derivación descarga para prueba de bombeo y limpieza de la sarta.

- ✓ Unión flexible para efecto de mantenimiento, las tuberías deben anclarse adecuadamente y determinar la fuerza que actúa en los atraques para obtener un buen diseño.

- **Bombas horizontales**

Las bombas centrífugas horizontales generalmente se emplean para pozos llanos y con un nivel de agua no mayor de 5.5 m por debajo del centro de la bomba y con un límite máximo de aspiración que se fija con la presión atmosférica, (INAA, 2000).

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

- a) Por medio de una bomba pequeña de mano para la ceba que extrae el aire de la caja de la bomba.
- b) Llenando la caja de la bomba con agua procedente de un tanque elevado, por medio de una válvula que conecte a la caja con el tanque mediante tubería.
- c) Por medio de un inyector operado por aire, agua o vapor.
- d) Empleando un tanque de cebado que contenga una cantidad suficiente de líquido para establecer el flujo a través de la bomba al arrancar.
- e) Empleando una bomba de vacío. (INAA, 2000)

Para los aspectos técnicos relacionados a conexión de sarta, tipo de energía y motor eléctrico se consideran los criterios que se utilizan en bombas verticales, (INAA, 2000).

- **Equipos eléctricos**

Normalmente, se utilizan motores como fuente de energía en cada estación de bombeo. Estos pueden ser verticales, que se utilizan para bombas centrífugas; motores eléctricos sumergibles y motores para bombas horizontales con capacidad de uso común dada por el fabricante en caballos de fuerza con valores entre 3-200HP y de mayor capacidad.

Según INAA (2000): *“Se tiene que considerar como norma emplear un factor de 1.15 para calcular los HP del motor en base a los HP de la bomba, debido a la pérdidas mecánicas”*...Cabe mencionar que *las velocidades de operación de los motores eléctricos varían de acuerdo a la capacidad o caudal del equipo de bombeo.*

- **Energía**

Acorde a la capacidad de los motores eléctricos a utilizar, se recomienda los tipos de energía siguiente:

- ✓ Para motores de 3 a 5 HP, emplear 1/60/110 energía monofásica.
- ✓ Para motores mayores de 5 HP y menores de 50 HP se usará 3/60/220 y mayores de 50 HP se empleará 3/60/440, energía trifásica.

2.3.4. Línea de conducción

Esta parte del sistema de abastecimiento de agua potable tiene como funcionalidad transportar el agua desde la fuente de abastecimiento y/o obra de captación hasta el lugar destinado al almacenamiento y luego a la red de distribución. El dimensionamiento debe ser capaz de transportar el caudal de máximo día. Esta línea puede funcionar por gravedad o por bombeo, no obstante, se deben instalar válvulas de aire y vacío en las cimas y válvulas de limpieza en las partes más bajas para evitar la sedimentación y brindar protección a las mismas.

- **Línea de conducción por gravedad**

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

- a) Se diseñará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual resulta al aplicar el factor de 1.5 al consumo promedio diario ($C MD = 1.5 CPD + Q_f$).
- b) En los puntos críticos se deberá mantener una presión de 5m por lo menos.
- c) La presión estática máxima estará en función de las especificaciones técnicas de la clase de tubería a utilizarse, sin embargo, se recomienda mantener una presión estática máxima de 70 m, incorporando en la línea tanquillas rompe presión donde sea necesario. (INAA, 2000).

- **Línea de conducción por bombeo**

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

- a) Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen-Williams u otra similar.
- b) Para determinar el mejor diámetro (más económico) puede aplicarse la formula siguiente, ampliamente usada en los Estados Unidos de Norte América. (Similar a la de Bresse, con $K=0.9$ y $n=0.45$).

Ecuación 2. Diámetro económico para línea de conducción

$$D = 0.9Q^{0.45} \text{ Con } D \text{ en metros y } Q \text{ en } m^3/s$$

- c) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio ($CMD=1.5 \text{ CP}$, más las pérdidas).
- d) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.

2.3.5. Almacenamiento

El objetivo de esta estructura del proyecto es suplir la cantidad de agua necesaria para compensar las máximas demandas que se presenten durante su vida útil, aumentar la carga hidráulica del sistema, disponer de reserva ante eventualidades e interrupciones en el flujo de agua y sobre todo suplir flujo constante durante el descanso diario de la bomba del sistema.

- **Capacidad**

La capacidad del tanque, según INAA (2000), debe suplir las siguientes condiciones:

- a) Volumen compensador: El volumen necesario para compensar las variaciones horarias del consumo, se estimará de 15% del consumo promedio diario.
- b) Volumen de reserva: El volumen de reserva para atender eventualidades en caso de emergencia, reparaciones en línea de conducción u obras de captación, se estimará igual al 20% del consumo promedio diario.

Por tanto, la capacidad del tanque debe ser 35% del consumo promedio diario.

- **Localización**

Los tanques de almacenamiento deberán estar localizados en zonas próximas al poblado y tomándose en cuenta la topografía del terreno, de tal manera que brinden presiones de servicios aceptables en los puntos de distribución (INAA, 2000).

- **Clases de tanques**

Las clases de tanque de acuerdo a los materiales de construcción se clasifican en:

- **Mampostería:** Se recomienda construir tanque de este material en aquellas localidades donde se disponga de piedra bolón o piedra cantera. No deberá tener altura mayor de 2.5 metros.
- **Hormigón armado:** En la construcción de tanque con este material se debe de considerar la permeabilidad del terreno y no deberá tener alturas mayores de 3.0 metros.
- **Acero:** Se propone construir tanque de acero cuando en la localidad no se disponga de materiales locales como en los casos anteriores y por razones de requerimiento de presiones de servicios.

2.3.6. Losas en dos direcciones

Las losas en dos direcciones se determinan mediante el resultado de la relación largo-ancho de la misma. Es decir, si la relación L/H es menor que dos, se clasificará como una losa en dos direcciones (Jack, 2011).

Hay muchos tipos de losas en dos direcciones, algunas son: Losas planas, losas con vigas de borde, losas sin vigas interiores, ábacos, entre otras (Jack, 2011).

Dependiendo de las características que tenga la losa a diseñar, se selecciona uno de muchos métodos de diseño. Entre los métodos más comunes de cálculo se mencionan el método del pórtico equivalente y el método de diseño directo (American Concrete Institute, 2018).

2.3.7. Matriz de Leopold

Según el International Institute for Sustainable Development: *“En la matriz, las filas cubren los aspectos clave del medio ambiente y la sociedad, mientras que las columnas enumeran las actividades del proyecto durante todas las etapas del proyecto. Los*

factores ambientales deben corresponder a todos aquellos que puedan verse afectados por el desarrollo de la actividad en el área del proyecto y el área de influencia. Cada casilla de la interacción debe determinar si la acción en cuestión tendrá un impacto en el factor ambiental dado. Si no es así, se coloca un círculo vacío o abierto. Si va a tener un impacto, se puede colocar un círculo relleno y describir cualitativamente el impacto como: (A) Alto (B) Moderado o (C) Bajo” (International Institute for Sustainable Development)

Existen tres pasos que seguir en la construcción de la matriz: 1. Marque una línea diagonal en todas las casillas donde los impactos de la acción sobre el medio ambiente se consideran significativos. 2. Califique de 1 a 10, siendo 1 bajo y 10 el más alto, con el número colocado en cada casilla identificada en el Paso 1 para indicar la magnitud del impacto de la acción específica sobre dicho aspecto del medio ambiente. Este número se va a colocar en la esquina superior izquierda. 3. Utilizando el mismo sistema de calificación, se realiza una calificación en la esquina inferior derecha de las casillas definidas, lo que representa la importancia del impacto del proyecto. Una vez que todos los impactos han sido identificados y calificados, se debe escribir una narración detallada para describir y justificar la importancia del impacto (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1996)

Una vez que se haya terminado de llenar todos los campos, se realiza un inventario de los impactos ambientales identificados. Debido a que existen impactos que tienen similitudes, deben resumirse como uno solo, siempre que sea posible. El factor de integración utilizado en este caso es que las actividades que generan un impacto se presenten simultáneamente. El producto final de esta fase es una predicción de los impactos ambientales significativos que podrían ocurrir en la fase de construcción y operación de la actividad u obra

III. Diseño metodológico

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Según el enfoque:

Según el enfoque, la investigación era mixta ya que se abordaron tanto aspectos de carácter cualitativo hablando de la situación que está atravesando la población de estas comunidades, que es lo que causa esta necesidad y como arreglarla, así como cuantitativa al realizar cálculos numéricos e interpretaciones de estos resultados, para realizar un diseño de agua potable para poder corregir el problema de la población beneficiada.

3.1.2. Según el enlace y análisis de los resultados:

La investigación fue descriptiva ya que se basó en la recolección de datos de campo para determinar las principales características del lugar en estudio y así poder diseñar un sistema de agua potable que pueda suplir sus necesidades. Además, se ha descrito y caracterizado la situación técnico ambiental y socioeconómica de cada una de las variables de estudio de acuerdo a las necesidades de los beneficiarios del proyecto.

3.1.3. Según el tiempo de ocurrencia:

Esta investigación se clasificó como prospectiva, ya que los hechos se observaron y se registraron en un pasado cercano.

3.1.4. Según el tiempo en que se realiza el estudio:

En este caso, era una investigación transversal ya que solo se evaluó durante el tiempo en que se realizó el diseño del sistema de agua potable.

3.2. Materiales y métodos

Para obtener la información necesaria para la correcta realización del proyecto, como la situación actual y condición económica de la población, se hizo uso de diversas herramientas y métodos para el correcto funcionamiento del diseño:

- Investigación bibliográfica, con la finalidad de manejar la información técnica del correspondiente diseño que se realizó. La mayor parte de esta información se encontró en la biblioteca municipal de Ciudad Darío, en el repositorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, en las normas NTON de diseño de sistemas de agua potable y demás recursos bibliográficos como los encontrados en censos del INIDE.
- Se aplicaron encuestas acompañadas de un censo poblacional, con el fin de conocer el estado actual, demográfico y socioeconómico, de las comunidades en cuestión.

Para realizar el diseño del sistema de abastecimiento de agua potable, se usaron los siguientes métodos y herramientas:

- Identificación de la zona de estudio a través de estudios topográficos, a fin de conocer los niveles del terreno de las comunidades, y así diseñar un sistema que se adaptó a la situación del lugar. Este estudio se ha realizado en ambas comunidades con uso de una estación total.
- Criterios de diseño de la norma técnica obligatoria nicaragüense, norma para el diseño de abastecimiento de agua en medio rural (NTON 09 001-99) que fue aplicada para el diseño del sistema requerido.
- Software de diseño EPANET para determinar el buen funcionamiento de la red y que cumpliera con las normas mínimas de presión y velocidad. Además de crear una simulación de la red para comprobar el comportamiento de esta.

Como en todo proyecto el medio ambiente se ve afectado para la ejecución de este, por lo que se realizó un estudio ambiental para proponer medidas para mitigar los daños utilizando las siguientes herramientas y métodos:

- Se generó la matriz de Leopold para determinar el daño que tendrá en medio ambiente de estas comunidades y brindar soluciones a estos.

En la elaboración del costo de la obra para establecer el presupuesto necesario para ejecutarlo, se utilizaron los siguientes métodos y herramientas:

- Cálculos de cantidad de obra necesarios en cada parte del sistema de abastecimiento, donde se usó como guía del catálogo del FISE para establecer las etapas y sub etapa del proyecto.
- Hojas de cálculo en Excel para determinar los costos de cada etapa y sub etapa.
- Cotizaciones en ferreterías fiables del país para contar con un precio real de cada accesorio y el presupuesto fuese más fidedigno.

3.3. Proyección de población

Para realizar un diseño, que cumpliera con la demanda necesaria para el correcto funcionamiento del mismo, fue necesario llevar a cabo un análisis de población y cálculo de tasa de crecimiento.

Este estudio permitió estimar el crecimiento poblacional de las comunidades El Cristal y El Guineo, y así se proyectó su población con un horizonte de 20 años.

Para este análisis se realizaron cálculos correspondientes indicados en la normativa NTON 09 001-99.

3.4. Descripción del área de estudio

Las comunidades de El Cristal y El Guineo son dos comunidades colindantes, ubicadas a 36 km de Ciudad Darío, Matagalpa, su cabecera municipal. La principal vía de acceso es una carretera todo tiempo que conecta a la carretera panamericana NIC 01.

Sus límites geográficos son:

Norte: comunidad Monte Verde

Sur: El Matasano y Cerro el Fuego

Este: Quebrada Negra

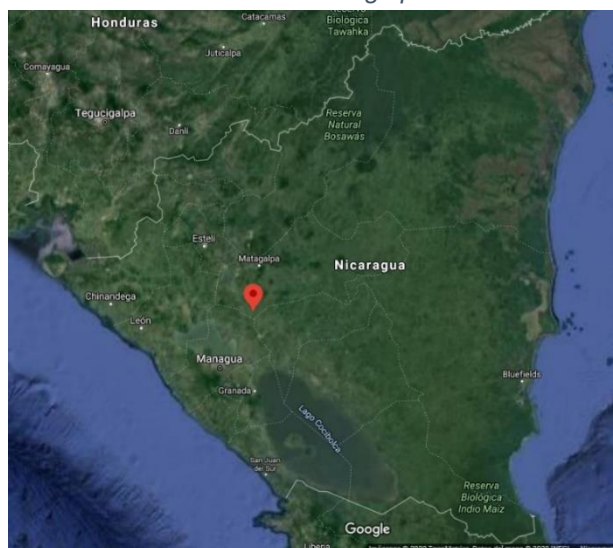
Oeste: Llano Verde

3.5. Macro localización y micro localización

El proyecto se localiza en las comunidades El Cristal y El Guineo, municipio de Ciudad Darío, departamento de Matagalpa, perteneciente a la región geográfica central, de la República de Nicaragua.

- Macro localización

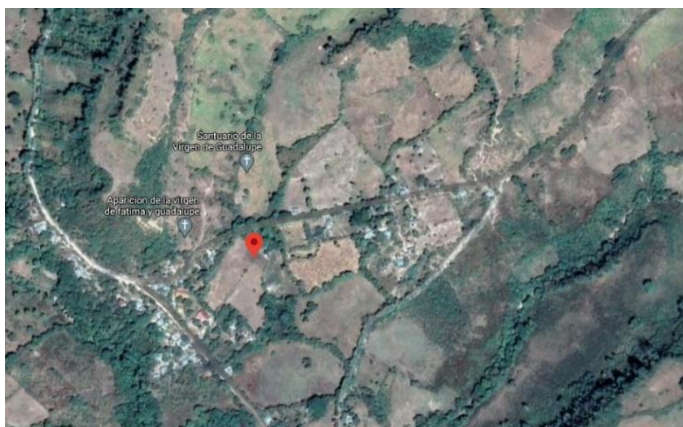
Ilustración III-1. Mapa de Macro Localización de las Comunidades El Cristal y El Guineo, Ciudad Darío, Matagalpa



Fuente: Google Maps

- Micro localización

Ilustración III-2. Mapa de Micro Localización de las Comunidades El Cristal y El Guineo, Ciudad Darío, Matagalpa.



Fuente: Google Maps

3.6. Análisis y cálculo hidráulico del sistema

Se efectuaron análisis y simulaciones hidráulicas en todos los componentes del sistema con programas computarizados. También se elaboraron memorias de cálculos para diseñar cada componente del sistema. Se realizó un análisis hidráulico del sistema tomando en cuenta el estudio topográfico y la demanda de la población. El cálculo hidráulico se hizo siguiendo las normas técnicas obligatorias para el diseño de abastecimiento y potabilización del agua (NTON 09-001-99) para el sector rural, elaboradas por INAA.

3.7. Estimación de costos o presupuesto de la obra

A partir de cotizaciones en puntos de venta de materiales necesarios para la construcción del proyecto en dependencia del diseño, se dedujeron conclusiones acerca de rentabilidad, posibilidad y conveniencia de ejecución de la obra. Se hizo un análisis minucioso de la información contenida en los planos elaborados.

Se calculó el costo respectivo parcial y total de las etapas de construcción de las obras proyectadas, cubicación, precio unitario y total.

IV. Cálculos y resultados

4.1. Descripción del sistema propuesto

Periodo de diseño

El periodo de diseño está normado para cada componente del sistema. Por lo tanto, se adopta un tiempo de funcionamiento del proyecto de 20 años. Es decir, de 2021 a 2041.

Tabla IV-1. Períodos de diseños económicos de los elementos componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

Tipos de componentes	Período de diseño
Pozos excavados	10 años
Pozos perforados	15 años
Captaciones superficiales y manantiales	20 años
Desarenador	20 años
Filtro lento	20 años
Líneas de conducción	15 años
Tanque de almacenamiento	20 años
Red de distribución	15 años

Fuente: Norma rural INAA 2000

Cobertura

Se pretende suplir el 100% de viviendas con conexiones domiciliarias durante el periodo de diseño.

Nivel de servicio y dotación de agua

El nivel de servicio propuesto corresponde a conexiones domiciliarias para 155 viviendas con una dotación de 60 lppd durante el periodo de diseño, según lo estipula la norma rural en el acápite 3.1, inciso b.

Ilustración IV-1. Dotación de agua

- a) Para Sistemas de abastecimiento de agua potable, por medio de puestos públicos, se asignará un caudal de 30 a 40 lppd.
- b) Para sistemas de abastecimiento de agua potable por medio de conexiones domiciliarias de patio, se asignará un caudal de 50 a 60 lppd.
- c) Para los pozos excavados a mano y pozos perforados se asignará una dotación de 20 a 30 lppd.

Fuente: Norma rural INAA 2000

4.2. Estudio socioeconómico

4.2.1. Características de la población

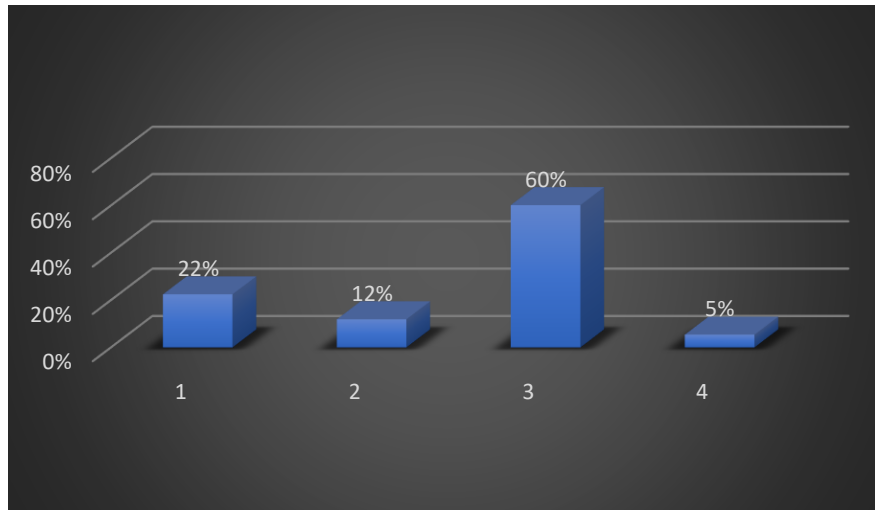
Según encuestas realizadas en el corriente año 2021, en ambas comunidades viven un total de 663 personas en 155 viviendas, cuentan con una escuela primaria por comunidad, una capilla por comunidad, un puesto de salud ubicado en una comunidad y un promedio habitacional de 4 habitantes por vivienda en comunidad El Cristal y 5 habitantes por vivienda en comunidad El Guineo.

Tabla IV-2. Resumen poblacional

Comunidad	No. De viviendas	No. De familias	Población (Hab)				
			Hombres	%	Mujeres	%	Total
El Cristal	78	78	158	50.6	154	49.4	312
Comunidad	No. De viviendas	No. De familias	Población (Hab)				
			Hombres	%	Mujeres	%	Total
El Guineo	77	77	179	51	172	49	351
						Total	663

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1: Rango de edad poblacional



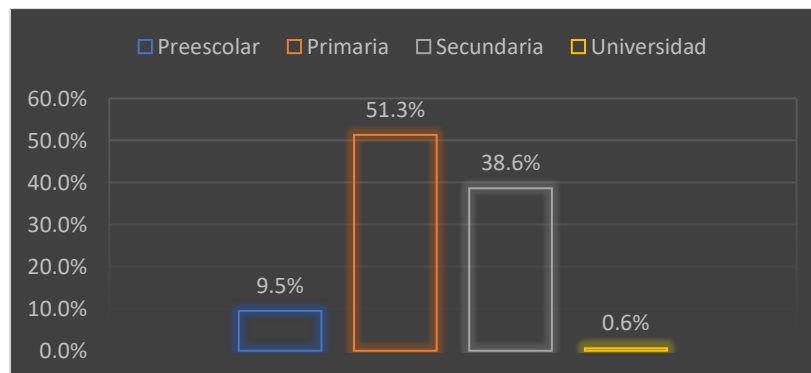
Fuente: Elaboración propia

- ✓ El 22% de la población es menor de 12 años.
- ✓ El 12% de la población se encuentra en un rango de $12 \text{ años} \leq \text{Edad} < 18 \text{ años}$.
- ✓ El 60% de la población se encuentra en un rango de $18 \text{ años} \leq \text{Edad} < 60 \text{ años}$.
- ✓ El 5% de la población es mayor de 60 años.

4.2.2. Nivel de educación

El 23.8% de la población estudia o ha estudiado y el 76.2% no tiene un nivel de escolaridad.

Gráfico 2: Nivel de académico de la población



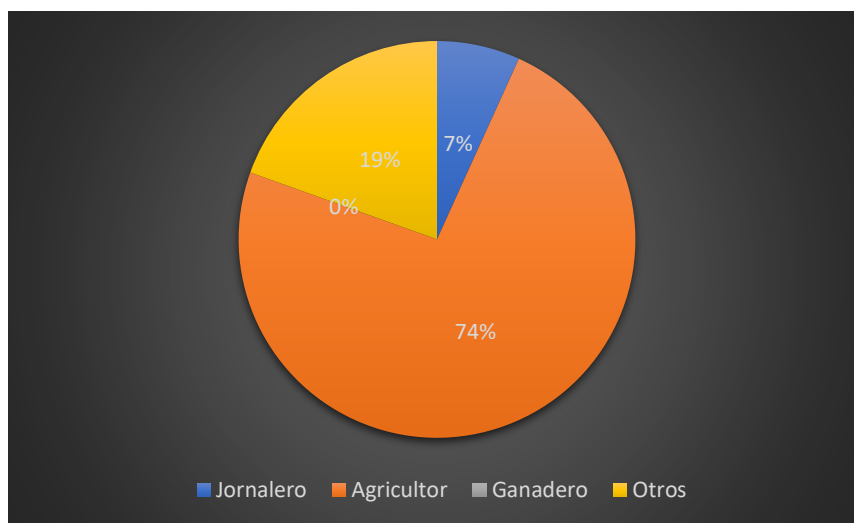
Fuente: Elaboración propia

- ✓ El 9.5% de la población que tiene un nivel de escolaridad está en preescolar.
- ✓ El 51.3% de la población que estudia está en primaria.
- ✓ El 38.6% de la población que estudia está en secundaria.
- ✓ Solo el 0.6% de la población estudia la universidad.

4.2.3. Situación ocupacional

Del total de la población económicamente activa (personas entre los 18 años y 60 años). El 37.1% está desocupado y el 62.9% tiene empleo.

Gráfico 3: Empleos de los habitantes



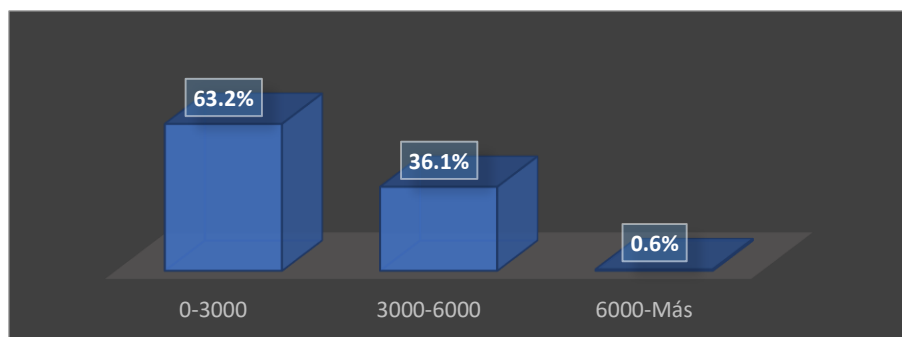
Fuente: Elaboración propia

La actividad predominante en la zona es la agricultura donde también se emplean a los jornaleros que es la segunda ocupación predominante del lugar. Restando un escaso 7% que representa a personas que se dedican al comercio o trabajos fuera de la comunidad.

4.2.4. Ingreso mensual por familia

Los ingresos varían en cada vivienda. Por tanto, se muestran los intervalos de dinero que pueden adquirir mensualmente.

Gráfico 4: Ingreso promedio por vivienda encuestada



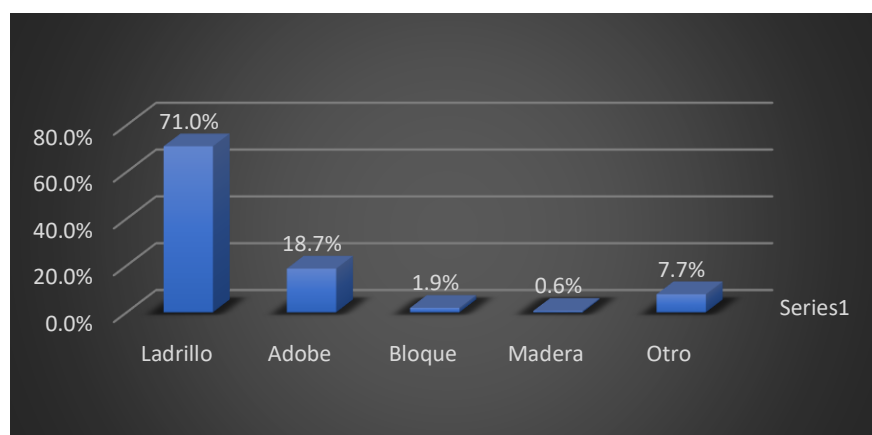
Fuente: Elaboración propia

Donde el 63.2% de las viviendas tiene ingresos menores a C\$ 3000, el 36.1% de familias recibe ingresos mayores a C\$ 3000 pero menores a C\$ 6000 y solo el 0.6% tiene ingresos mayores a C\$ 6000.

4.2.5. Situación habitacional

El 100% de las familias poseen su propia vivienda. La mayoría de las viviendas son construidas con material local, como son: la madera y la tierra para las paredes y el piso. Las tejas y el zinc para el techo son exportadas de Ciudad Darío.

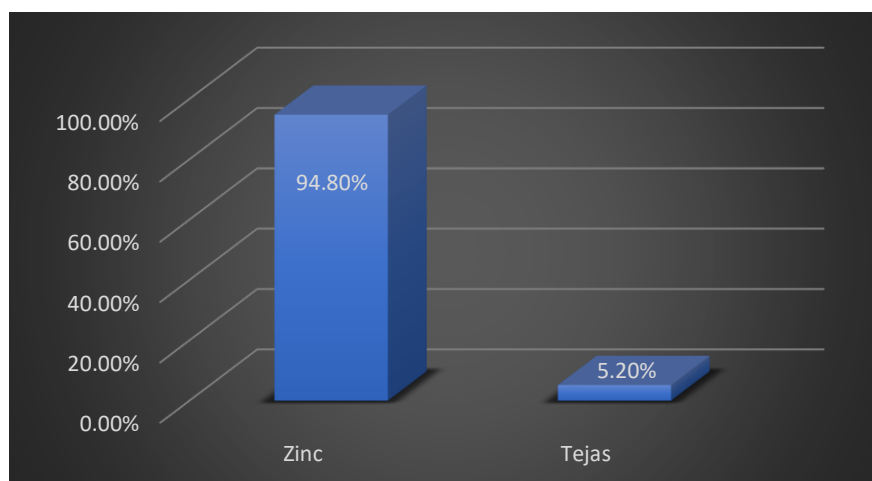
Gráfico 5: Material de construcción de las paredes de las viviendas



Fuente: Elaboración Propia

El 71% de las viviendas tienen paredes de ladrillos. No obstante, el 18.7% de los jefes de familia han optado por paredes de adobe, solo el 1.9% de las casas tienen paredes de bloques y el 0.6% son de madera. El 7.7% de las paredes son de otro material.

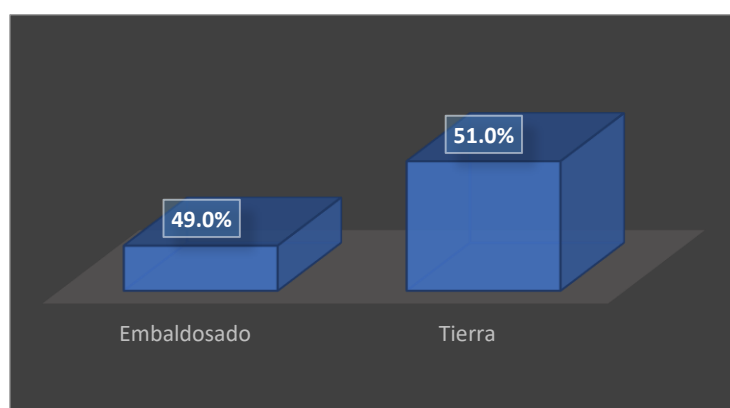
Gráfico 6: Material de construcción de techo de las viviendas



Fuente: Elaboración Propia

Solo hay dos tipos de techos en esta zona: El 94.8% utiliza zinc para cubrir el techo de sus casas y el 5.2% tiene tejas en sus casas.

Gráfico 7: Material de construcción de piso de las viviendas

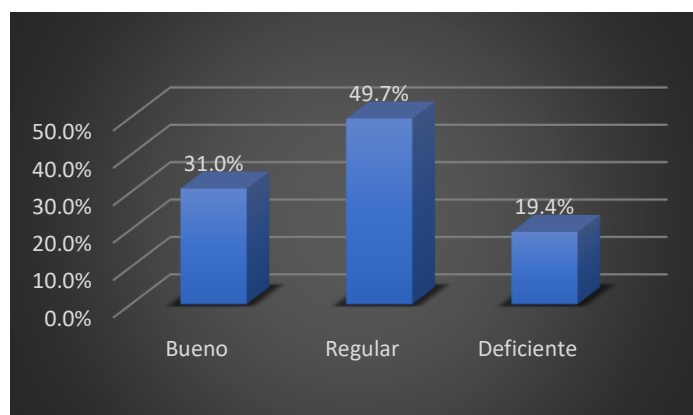


Fuente: Elaboración propia

Los pisos de las viviendas son de dos materiales, siendo la principal la tierra que está en el 51% de casas; el restante (49%), se encuentran embaldosadas.

Sin embargo, las viviendas fueron clasificadas de acuerdo a su estado. Estando solo el 31% de casas en buen estado. El 49.7% de las viviendas están en estado regular y el 19.4% tienen un estado deficiente.

Gráfico 8: Estado de las viviendas

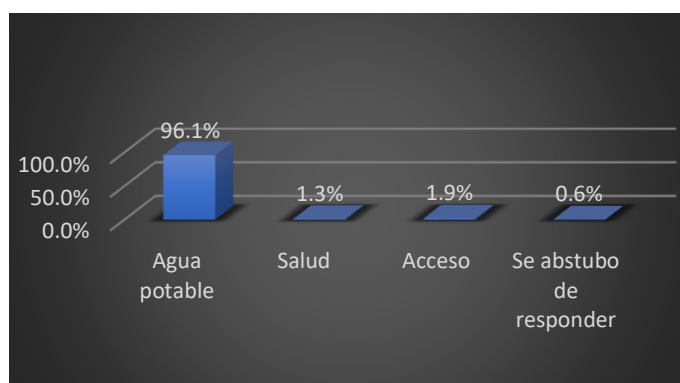


Fuente: Elaboración propia

4.2.6. Situación actual del abastecimiento de agua en las comunidades

Actualmente, la población se abastece de distintas fuentes de agua. Esto depende de la ubicación de las viviendas y el clima en la zona.

Gráfico 9: Principal problemática de las comunidades

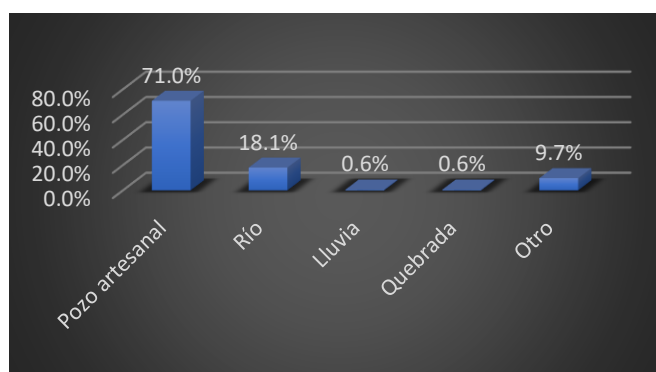


Fuente: Elaboración propia

La prioridad para el 96.1% de las viviendas es el agua potable. El resto de las viviendas priorizan salud (1.3%) y acceso (1.9%) o se abstuvieron de responder (0.6%). Mostrando así la necesidad de agua potable para la zona.

Según el 68.3% de los habitantes, la calidad de agua es deficiente o regular y el 41.3% ha percibido mal olor, mal sabor o mal color en el agua que ingiere.

Gráfico 10: Fuentes de abastecimiento actuales



Fuente: Elaboración propia

La principal fuente de abastecimiento de las comunidades son los pozos perforados de donde el 71% de las personas acarrean agua para sus hogares, el 18.1% se abastecen de agua de río, el 0.6% ocupan el agua de lluvia al igual que la cantidad de personas que usa el agua de la quebrada. El 9.7% de la población utiliza otras fuentes de abastecimiento.

En la encuesta aplicada a la población se preguntó si estaban dispuestos a pagar por el servicio de agua potable a lo que el 97.4% respondió “Sí” y el 2.6% “No”. Por tanto, se muestra aceptación del proyecto en la zona debido a que es una necesidad.

4.2.7. Servicios existentes

- **Energía eléctrica**

Todas las viviendas poseen energía eléctrica y cuentan con todo el material para iluminar sus hogares. Sin embargo, no tienen alumbrado público.

4.2.8. Medios de transporte

Abarcando este acápite, existe un vehículo particular que dos veces por semana, martes y viernes, realiza un recorrido por ambas comunidades y transporta a la población a Los Llanos, lugar donde se ubica la NIC-21A. Sale a las 7 de la mañana de la comunidad El Guineo y retorna a las dos de la tarde de la NIC-21A a su recorrido por las comunidades.

4.2.9. Saneamiento básico

En base a la encuesta aplicada en la comunidad, el 73.5% de las viviendas poseen letrinas, el 26.5% restante utiliza la letrina del vecino o se dirige a praderas vacías. Cabe mencionar que el estado de las letrinas existentes es de regular a malo, puesto que ya pasaron su periodo de vida útil.

4.2.10. Agua residual domiciliar

El agua utilizada en las viviendas durante las labores diarias del hogar como la limpieza, cocina u otras actividades es usada en su mayoría para regar en el patio (equivale al 63.9%), el 32.3% de las personas dejan correr ese tipo de agua, el 3.2% de la población posee zanja de drenaje y el 0.6% la elimina de otra forma.

4.2.11. Desechos sólidos

En ambas comunidades no existe tren de aseo para desechar la basura, por tanto, deben eliminarla de otras maneras. El 93.5% de las familias queman la basura luego de recogerla; el 5.8% de las personas tienen un basurero donde la almacenan y utilizan como abono, el 0.6% utiliza otro medio de eliminación de basura.

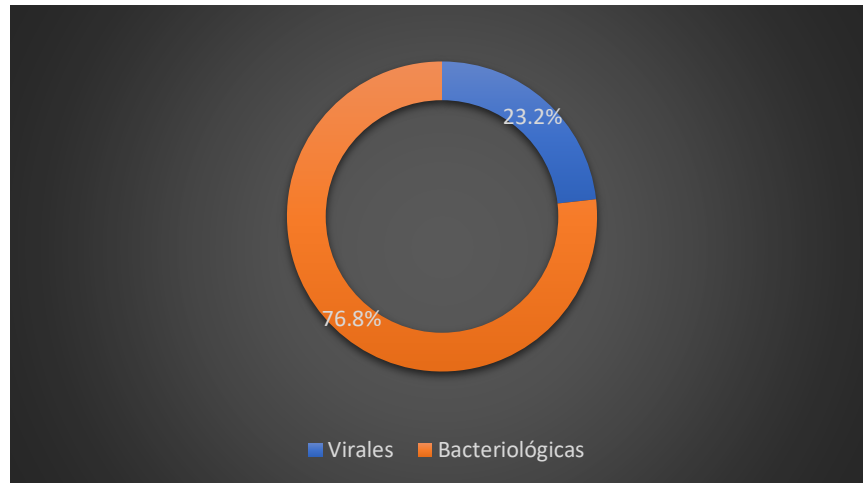
4.2.12. Educación

Ambas comunidades poseen centros escolares donde se imparte preescolar y primaria. El resto de personas que estudian secundaria o la universidad deben trasladarse a Los Llanos, donde imparten educación secundaria o Matagalpa donde hay universidades.

4.2.13. Salud

Solo la comunidad El Cristal posee un puesto de salud, pero es deficiente la atención, ya que, se habilita por dos días cada tres meses. En ambas comunidades se presentan comúnmente muchas enfermedades del tipo bacteriológico y viral.

Gráfico 11: Enfermedades presentes en la población



Fuente: Elaboración propia

Donde predominan las enfermedades bacteriológicas con el 76.8% como la diarrea e infecciones estomacales y las enfermedades virales como la gripe, sinusitis, rinitis y demás con el 23.2%.

4.3. Diseño de sistema de agua potable

4.3.1. Estudio de población y consumo

- Tasa de crecimiento poblacional**

Tasa de crecimiento poblacional de El Guineo

La determinación de la población a lo largo del periodo de diseño se calculó a través del método de crecimiento geométrico, teniendo como datos iniciales los resultados de censos poblacionales efectuados por INIDE y la alcaldía de Ciudad Darío en los años 2005, 2016 y 2021.

Tabla IV-3. Poblaciones de años anteriores en la comunidad El Guineo

Datos de población censada	
Censo 2005	329
Censo 2016	450
Censo 2021	351

Fuente: INIDE, Alcaldía municipal de Ciudad Darío

Las tasas de crecimiento, según INAA, deben calcularse para cada periodo intercensal, por tanto, se muestran las tasas de crecimiento en la siguiente tabla:

Tabla IV-4. Tasa de crecimiento poblacional comunidad El Guineo

Periodo intercensal	Tasa de crecimiento poblacional
2005-2016	2.89%
2016-2021	-4.85%
rg Prom	-0.98%

Fuente: Elaboración propia

Los cálculos realizados proporcionan una tasa promedio negativa de -0.98%. De acuerdo con las normas técnicas de INAA, la tasa de crecimiento no debe ser menor al 2.5%, ni mayor al 4%.

Por lo tanto, se asume una tasa de crecimiento de diseño de 2.5%, teniendo en cuenta el incremento poblacional y respetando el valor mínimo dictado por la norma de INAA.

I. Tasa de crecimiento poblacional El Cristal

Esta comunidad es característica por tener un desarrollo lento pero constante. Para obtener la tasa de crecimiento poblacional se utilizó el método geométrico, este método es el más utilizado a nivel nacional. También, se recopiló información a través de censos de 2005 (realizado por INIDE), censo de 2016 (ejecutado por alcaldía de Ciudad Darío) y censo de 2021 aplicado a través de encuestas para realizar estudio socioeconómico.

Tabla IV-5. Poblaciones de años anteriores en la comunidad El Cristal

Datos de población censada	
Censo 2005	266
Censo 2016	400
Censo 2021	312

Fuente: INIDE, Alcaldía municipal de Ciudad Darío

Las tasas de crecimiento se presentarán a continuación:

Tabla IV-6. Tasa de crecimiento poblacional comunidad El Cristal

Periodo intercensal	Tasa de crecimiento poblacional
2005-2016	3.78%
2016-2021	-4.85%
rg Prom	-0.53%

Fuente: Elaboración propia

Los datos anteriores proporcionaron una tasa de -0.53%. De acuerdo con el INAA, se seleccionará una tasa de crecimiento para la proyección de población de 2.5%, respetando el valor mínimo normado por el INAA.

4.3.2. Proyección de la población

- **Proyección de población en comunidad El Guineo**

La proyección de población futura se realizó con tasa de crecimiento del 2.5% (detallada en el acápite anterior), con una población base de 351 personas en el año 2021.

Tabla IV-7. Proyección de población comunidad El Guineo

AÑO	No.	rg (%)	Población Inicial (Hab)	Población Futura (Hab)
2021	0	2.5	351	351
2022	1	2.5	351	360
2023	2	2.5	351	369
2024	3	2.5	351	378
2025	4	2.5	351	387
2026	5	2.5	351	397
2027	6	2.5	351	407
2028	7	2.5	351	417
2029	8	2.5	351	428
2030	9	2.5	351	438
2031	10	2.5	351	449
2032	11	2.5	351	461
2033	12	2.5	351	472
2034	13	2.5	351	484
2035	14	2.5	351	496
2036	15	2.5	351	508
2037	16	2.5	351	521
2038	17	2.5	351	534
2039	18	2.5	351	547
2040	19	2.5	351	561
2041	20	2.5	351	575

Fuente: Elaboración propia

- **Proyección de población en comunidad El Cristal**

En este caso, se realizó la proyección de población con una tasa base de 2.5% y una población inicial de 312 personas.

Tabla IV-8. Proyección de población comunidad El Cristal

AÑO	n	rg (%)	Población Inicial (Hab)	Población Futura (Hab)
2021	0	2.5	312	312
2022	1	2.5	312	320
2023	2	2.5	312	328
2024	3	2.5	312	336
2025	4	2.5	312	344
2026	5	2.5	312	353
2027	6	2.5	312	362
2028	7	2.5	312	371
2029	8	2.5	312	380
2030	9	2.5	312	390
2031	10	2.5	312	399
2032	11	2.5	312	409
2033	12	2.5	312	420
2034	13	2.5	312	430
2035	14	2.5	312	441
2036	15	2.5	312	452
2037	16	2.5	312	463
2038	17	2.5	312	475
2039	18	2.5	312	487
2040	19	2.5	312	499
2041	20	2.5	312	511

Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Estimado de consumos

- **Nivel de servicio y dotación de agua**

El nivel de servicio propuesto contempla conexiones domiciliarias en ambas comunidades. La dotación correspondiente, según Normas Técnicas de INAA, durante el periodo de diseño debe ser 60 lppd en ambos sitios.

Para determinar el caudal de diseño, se requieren calcular las variaciones de consumo normadas por INAA, estas son: consumo promedio diario, consumo de máximo día y consumo de máxima hora.

➤ Para población en El Guineo

Tabla IV-9. Dotación y consumos de la población de la comunidad El Guineo

Año	Pob. (Hab)	Dotación (Lppd)	C.D. (L/Día)	C.D. (LPS)	C.C. (LPS)	C.I. (LPS)	C.P. (LPS)	C.P.D. (LPS)	Q.F (LPS)	CMD (LPS)	CMH (LPS)
2021	351	60	21060	0.24	0	0	0.02	0.26	0.05	0.44	0.70
2022	360	60	21600	0.25	0	0	0.02	0.27	0.05	0.46	0.73
2023	369	60	22140	0.26	0	0	0.02	0.28	0.06	0.48	0.76
2024	378	60	22680	0.26	0	0	0.02	0.28	0.06	0.48	0.76
2025	387	60	23220	0.27	0	0	0.02	0.29	0.06	0.5	0.79
2026	397	60	23820	0.28	0	0	0.02	0.30	0.06	0.51	0.81
2027	407	60	24420	0.28	0	0	0.02	0.30	0.06	0.51	0.81
2028	417	60	25020	0.29	0	0	0.02	0.31	0.06	0.53	0.84
2029	428	60	25680	0.3	0	0	0.02	0.32	0.06	0.54	0.86
2030	438	60	26280	0.3	0	0	0.02	0.32	0.06	0.54	0.86
2031	449	60	26940	0.31	0	0	0.02	0.33	0.07	0.57	0.90
2032	461	60	27660	0.32	0	0	0.02	0.34	0.07	0.58	0.92
2033	472	60	28320	0.33	0	0	0.02	0.35	0.07	0.6	0.95
2034	484	60	29040	0.34	0	0	0.02	0.36	0.07	0.61	0.97
2035	496	60	29760	0.34	0	0	0.02	0.36	0.07	0.61	0.97
2036	508	60	30480	0.35	0	0	0.02	0.37	0.07	0.63	1.00
2037	521	60	31260	0.36	0	0	0.03	0.39	0.08	0.67	1.06
2038	534	60	32040	0.37	0	0	0.03	0.40	0.08	0.68	1.08
2039	547	60	32820	0.38	0	0	0.03	0.41	0.08	0.7	1.11
2040	561	60	33660	0.39	0	0	0.03	0.42	0.08	0.71	1.13
2041	575	60	34500	0.4	0	0	0.03	0.43	0.09	0.74	1.17

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Pob.: Población

C.D.: Consumo doméstico

C.C.: Consumo comercial

C.I.: Consumo industrial

C.P.: Consumo público

C.P.D.: Consumo promedio diario

Q.F.: Caudal de fugas

C.M.D.: Consumo máximo por día

C.M.H.: Consumo máximo por hora

➤ Para población en El Cristal

Tabla IV-10. Dotación y consumos de la población de la comunidad El Cristal

Año	Pob. (Hab)	Dotación (Lppd)	C.D. (L/Día)	C.D. (LPS)	C.C. (LPS)	C.I. (LPS)	C.P. (LPS)	C.P.D. (LPS)	Q.F (LPS)	CMD (LPS)	CMH (LPS)
2021	312	60	18720	0.22	0	0	0.02	0.24	0.05	0.41	0.65
2022	320	60	19200	0.22	0	0	0.02	0.24	0.05	0.41	0.65
2023	328	60	19680	0.23	0	0	0.02	0.25	0.05	0.43	0.68
2024	336	60	20160	0.23	0	0	0.02	0.25	0.05	0.43	0.68
2025	344	60	20640	0.24	0	0	0.02	0.26	0.05	0.44	0.7
2026	353	60	21180	0.25	0	0	0.02	0.27	0.05	0.46	0.73
2027	362	60	21720	0.25	0	0	0.02	0.27	0.05	0.46	0.73
2028	371	60	22260	0.26	0	0	0.02	0.28	0.06	0.48	0.76
2029	380	60	22800	0.26	0	0	0.02	0.28	0.06	0.48	0.76
2030	390	60	23400	0.27	0	0	0.02	0.29	0.06	0.5	0.79
2031	399	60	23940	0.28	0	0	0.02	0.3	0.06	0.51	0.81
2032	409	60	24540	0.28	0	0	0.02	0.3	0.06	0.51	0.81
2033	420	60	25200	0.29	0	0	0.02	0.31	0.06	0.53	0.84
2034	430	60	25800	0.3	0	0	0.02	0.32	0.06	0.54	0.86
2035	441	60	26460	0.31	0	0	0.02	0.33	0.07	0.57	0.9
2036	452	60	27120	0.31	0	0	0.02	0.33	0.07	0.57	0.9

Año	Pob. (Hab)	Dotación (Lppd)	C.D. (L/Día)	C.D. (LPS)	C.C. (LPS)	C.I. (LPS)	C.P. (LPS)	C.P.D. (LPS)	Q.F (LPS)	CMD (LPS)	CMH (LPS)
2037	463	60	27780	0.32	0	0	0.02	0.34	0.07	0.58	0.92
2038	475	60	28500	0.33	0	0	0.02	0.35	0.07	0.6	0.95
2039	487	60	29220	0.34	0	0	0.02	0.36	0.07	0.61	0.97
2040	499	60	29940	0.35	0	0	0.02	0.37	0.07	0.63	1.00
2041	511	60	30660	0.35	0	0	0.02	0.37	0.07	0.63	1.00

Fuente: Elaboración propia

Donde:

Pob.: Población

C.D.: Consumo doméstico

C.C.: Consumo comercial

C.I.: Consumo industrial

C.P.: Consumo público

C.P.D.: Consumo promedio diario

Q.F.: Caudal de fugas

C.M.D.: Consumo máximo por día

C.M.H.: Consumo máximo por hora

4.4. Estudio hidrológico de la fuente.

Para el suministro de agua en comunidad El Guineo, se propuso el diseño de una obra de captación directa de un manantial que aflora en la superficie terrestre, conocido como Ojo de agua. Este se encuentra localizado en la zona noreste de la comunidad; con latitud 12°33'11.70"N y longitud 85°58'15.78"W a una elevación de 515 msnm.

La comunidad El Cristal posee un pozo con caudal de bombeo mayor al que se necesita para suministrar agua a la comuna. Este pozo, con latitud 12°33'53.29"N, longitud 85°57'57.57"W y altura de 493 msnm. Este cuerpo de agua posee un caudal de bombeo

de 1.26 lps y es una obra de captación existente a la que se pretende añadir una bomba sumergible.

4.5. Caudal de explotación

Hay un tipo de fuente hidrológica característico por comunidad, por tanto, se realizaron distintos tipos de aforos en cada sitio de estudio.

En la comunidad El Guineo se realizaron dos aforos, uno en el mes de enero del 2021 y uno en abril del mismo año. Se aplicó el método de aforo volumétrico en ambos casos, ya que, el caudal a medir es pequeño. Cabe mencionar que se midió una de las 6 vertientes existentes en el lugar conocido como Ojo de agua. Las mediciones dieron como resultado 0.48 lps en enero y 0.33 lps en el mes de marzo. Al constatar que las otras 5 vertientes cercanas tienen comportamiento y capacidad similares a la aforada (Ver anexos, plano “Obra de captación el Guineo” lámina N° 3) y reducir el caudal aforado, se concluye que la capacidad de la fuente de suministrar agua es de 1.50 lps, con la capacidad de satisfacer a la población al final del periodo de diseño.

El Cristal posee varios pozos perforados por el FISE desde el año 2005. La organización sin fines de lucro El Porvenir realizó la prueba de bombeo del pozo, los resultados fueron satisfactorios, pues la vertiente tiene la capacidad de suministrar 1.26 lps, siendo este mayor al caudal de demanda de la comunidad al final del periodo de diseño que es de 1 lps. Por tanto, la fuente se considera viable para satisfacer la demanda poblacional.

4.6. Calidad del agua

Para ofrecer un servicio de calidad, según la norma INAA debe ser la principal característica de un sistema de agua potable, se debe garantizar la calidad del agua a transportar en el sistema. Debe ser agua potable que cumpla con los estándares bacteriológicos y físico químicos que especifican las normas técnicas del país para garantizar el bienestar y la salud de los beneficiarios del proyecto.

4.6.1. Calidad físico química

“El agua que se debe suministrar para el consumo de las personas debe ser de buena calidad tanto física como bacteriológica” (CAPRE, 1994). El agua debe ser apta para el consumo de las personas siendo tratada en lo necesario a través de procesos de purificación, oxigenación y demás métodos para cumplir con los estándares de calidad emitidos por la OMS que garantizan la salud y el bienestar de la población.

Se realizaron los estudios correspondientes a las fuentes de agua a potabilizar el quince de abril del 2021, para determinar el proceso de potabilización del agua y así sea apta para el consumo humano.

Los resultados de la fuente Ojo de agua de la comunidad El Guineo fueron satisfactorios, ya que, solo contienen 42 $\mu\text{S}/\text{cm}$ más de lo que especifica la norma y tienen valores de coliformes totales y fecales menores a 20,000 NMP/100mL lo que genera solo un tratamiento de cloración para potabilizar el vital líquido en la zona de estudio.

Al aplicar los análisis físico - químicos y bacteriológicos a la fuente subterránea de El Cristal, se encontró alta concentración de iones separados por centímetro (mayores a los 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$), esta propiedad permite al agua transportar energía y cargarse de sales que corroen y/o dañan las tuberías a través de las cuales transita el agua que llegará hasta cada conexión domiciliar en la comunidad.

4.7. Diseño de obra de captación

4.7.1. Obra de captación El Guineo

Para la obra de captación se pretende diseñar un dique de retención acompañado de un vertedero de excesos por donde se desplazará el agua hasta llegar a la pila de captación donde será bombeado hasta el tanque de almacenamiento. Esta obra garantizará la protección de las vertientes al cubrir el área de floración de agua con 30 cm de piedra bolón y recubrirlo con 10 cm de mortero para que no haya infiltración de contaminantes que puedan dañar la fuente y se diseñará una cuneta de borde que rodee dicha área para direccionar el agua de escorrentía y precipitaciones a la parte baja de la cuenca sin

aportar contaminantes a la fuente. (Ver anexos, plano “Obra de captación el Guineo” lámina N° 3)

- **Diseño estructural del dique**

Se propuso un dique de concreto ciclópeo semi enterrado. Este tendrá una altura de 1.00 m sobre el suelo y 0.50 m de desplante, su base será de 1.60 m.

Datos:

- γ concreto ciclópeo = 3000 kg/m^3
- Capacidad de soporte del suelo = 2000 kg/m^3
- Ángulo de fricción para arena y grava = 34°
- γ_s (peso específico del suelo) = 1500 kg/m^3

Desarrollo:

- La presión del agua

Ecuación 3. Presión del agua

$$Pa = \frac{1}{2} \gamma_{H_2O} h^2 = \frac{1}{2} * 1 \text{ T/m}^3 (1.2)^2 = 0.72 \text{ T/m}$$

- Cálculo de esfuerzo efectivo

Esfuerzo efectivo en el punto B con una sobrecarga de 5 Ton/m^2

$$\sigma_{v_B} = \frac{1.5 \text{ Ton}}{\text{m}^2} * 0 \text{ m} + 5 \text{ Ton/m}^2 = 5 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo efectivo en el punto A:

Ecuación 4. Esfuerzo efectivo

$$\sigma_{v_A} = \sigma_{v_B} + \gamma_{BA} Z_a = \frac{5 \text{ Ton}}{\text{m}^2} + \frac{1.50 \text{ Ton}}{\text{m}^2} * 1.50 \text{ m} = 7.25 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo activo (σ_A)

Ecuación 5. Esfuerzo activo

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 - \frac{34}{2} \right) = 0.28$$

En el punto B:

$$\sigma_{AB} = \sigma_{vB} K_a = 5 \text{ Ton/m}^2 * 0.28 = 1.4 \text{ Ton/m}^2$$

En el punto A:

$$\sigma_{AA} = \sigma_{vA} K_a = 7.25 \text{ Ton/m}^2 * 0.28 = 2.03 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo efectivo en el punto C:

$$\sigma_{vC} = \frac{1.5 \text{ Ton}}{\text{m}^2} * 0.00 \text{ m} = 0.00 \text{ Ton/m}^2$$

Esfuerzo efectivo en el punto D:

$$\sigma_{vD} = \frac{1.5 \text{ Ton}}{\text{m}^2} * 0.5 \text{ m} = 0.75 \text{ Ton/m}^2$$

➤ Cálculo de esfuerzo pasivo (σ_p)

Como se tendrá un solo estrato de suelo, entonces:

Ecuación 6. Esfuerzo pasivo

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = \tan^2 \left(45 + \frac{22}{2} \right) = 2.20$$

Suponiendo un suelo cohesivo friccionante, tenemos:

$$\sigma_{AC} = \sigma_{vC} * K_p + 2C\sqrt{K_p} = 0.0 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 2.2 + 2 * 4\sqrt{2.2} = 11.87 \text{ Ton/m}^2$$

$$\sigma_{AD} = \sigma_{vD} * K_p + 2C\sqrt{K_p} = 0.75 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} * 2.2 + 2 * 4\sqrt{2.2} = 13.52 \text{ Ton/m}^2$$

➤ Fuerza activa (Pa)

Ecuación 7. Fuerza activa

$$Pa_1 = 1.5 \text{ m} * 1.40 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 2.10 \text{ Ton}$$

$$Pa_2 = \frac{1.5}{2} \text{ m} * (2.03 - 1.40) \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 0.47 \text{ Ton}$$

$$Pa_{H_2O} = 0.34 \text{ T}$$

$$Pa = 2.10 + 0.47 + 0.72 = 3.29 \text{ T}$$

$$Z = \frac{2.10 * 1.5/2 + 0.47 * 1.5/3 + 0.72 * 1.2/3}{3.29} = 0.64 \text{ m}$$

➤ Fuerza pasiva (Pp)

Ecuación 8. Fuerza pasiva

$$P_{p1} \text{ Es un rectángulo} = 0.50 \text{ m} * 11.87 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 5.94 \text{ T/m}^2$$

$$P_{p2} \text{ Es un triángulo} = \frac{0.50}{2} \text{ m} * 13.52 \frac{\text{Ton}}{\text{m}^2} = 3.38 \text{ T/m}^2$$

$$Pp = P_{p1} + P_{p2} = 5.94 \text{ T/m}^2 + 3.38 \text{ T/m}^2 = 9.32 \text{ T/m}^2$$

➤ Momento resistente

Tabla IV-11. Momento resistente para dique en comunidad El Guineo

Sección	Dimensión de muro		Áreas (m ²)	Densidad (Kg/m ³)	Peso (Kg)	Brazo (m)	Momento (Kg.m)
	Ancho (m)	Altura (m)					
1	0.2	0.5	0.1	3000	300	0.1	30
2	1	1.5	1.5	3000	4500	0.7	3150
3	0.2	1	0.1	3000	300	1.27	381
4	0.2	0.5	0.1	3000	300	1.3	390
5	0.2	0.5	0.1	3000	300	1.5	450

Puntual	0.2	1	0.2	5000	1000	1.3	1300
7	0.2	1	0.1	1500	150	1.33	199.5
8	0.2	1	0.2	1500	300	1.5	450
					7150		6350.5

Fuente: Elaboración propia

➤ Momento desestabilizador

Ecuación 9. Momento desestabilizador

$$\sum M_{mo} = Pa * Z = 3.29T * 0.72 m = 2.37 T.m$$

➤ Factor de seguridad contra volteo:

Ecuación 10. Factor de seguridad contra volteo

$$F_{S_{Volteo}} = \frac{\sum MR}{\sum M_{mo}} = \frac{6.35}{2.37} = 2.68 \geq 2 ; \text{es resistente al volteo}$$

➤ Factor de seguridad contra deslizamiento

Cálculo de fuerzas resistentes al desplazamiento

Ecuación 11. Fuerza resistente al deslizamiento

$$\sum FR = \sum F_v \tan(k_1 \phi_2) + B k_2 C_2 + Pp = 7.15 \tan\left(\frac{2}{3} * 22\right) + 1.6 * \frac{2}{3} * 4 + 9.32T/m^2$$

=

$$\sum FR = 15.46 T$$

$$\sum FE = Pa = 3.29 T$$

$$F_{S_{Deslizamiento \text{ neto}}} = \frac{\sum FR}{\sum FE} = \frac{15.46}{3.29} = 4.70 \geq 1.5 ; \text{es estable al deslizamiento.}$$

➤ Factor de seguridad por capacidad de carga

Ecuación 12. Factor de seguridad por capacidad de carga

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum MR - \sum Mmo}{\sum Fv} = \frac{1.6}{2} - \frac{6.35 - 2.37}{7.15} = 0.24 \text{ m} < \frac{B}{6} = 0.27 \text{ m}$$

- Presión máxima o presión en la punta

Ecuación 13. Presión máxima o presión en la punta

$$q_{\max} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 + \frac{6e}{B} \right) = \frac{7.15}{1.60} \left(1 + 6 * \frac{0.24}{1.60} \right) = 8.49$$

- Presión mínima o presión en el talón

Ecuación 14. Presión mínima o presión en el talón

$$q_{\min} = \frac{\sum Fv}{B} \left(1 - \frac{6e}{B} \right) = \frac{7.15}{1.60} \left(1 - 6 * \frac{0.24}{1.60} \right) = 0.45$$

- Capacidad de carga última

Ecuación 15. Capacidad de carga última

$$C_2 = 4.0 \text{ T/m}^2$$

$$\phi = 22^\circ$$

$$q = 5 \text{ T/m}^2 + 1.5 \text{ T/m}^2 * 0.50 \text{ m} = 5.75 \text{ T/m}^2$$

4.7.2. Obra de captación El Cristal

La obra de captación u obra de toma es la forma en que se obtendrá el agua para suplir la necesidad en este caso de la comunidad El Cristal es un pozo que se encuentra en dicho sitio. Este pozo perforado tiene las siguientes características su profundidad es de 150 pies con un diámetro de revestimiento de 4 pulgadas y un nivel estático del agua de 44.6 pies.

Este pozo comunal es el que actualmente abastece a la comunidad, se le realizó una prueba de bombeo escalonada para determinar su capacidad como lo estipula la norma

rural INAA 2000, obteniendo que su caudal óptimo de explotación es de 20 gpm lo que es aproximadamente 1.26 lps, en el estudio de población realizado en esta comunidad se obtuvo que el caudal necesario es de 1 lps, por lo que el pozo puede suministrar suficiente agua para el sistema.

Se propone instalar una bomba sumergible (cálculo de la potencia a continuación) y utilizar tubería H°G° de diámetro 2 pulgadas. Este diámetro resulta ser óptimo ya que diámetros mayores requieren equipos de bombeo de mayor potencia, por lo tanto, incrementan los gastos de ejecución de la obra y de igual forma se descartaron diámetros menores que podían causar considerables aumentos de velocidad capaces de dañar la tubería o los accesorios de esta. Además, según el cuadro 6.3 de INAA 2000 para caudales de hasta 1.5 lps se recomienda diámetro de tubería de succión de 50 mm lo que es igual a 2 pulgadas.

4.8. Líneas de conducción

4.8.1. Línea de conducción El Guineo

- **Potencia de la bomba**

La potencia de la bomba sumergible necesaria para impulsar el agua hasta el tanque se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 16. Potencia de la bomba

$$Pot = \frac{H_B * \rho * g * Q_b}{746 * e}$$

Donde:

Pot: Potencia de la bomba

H_B: Altura total dinámica de la bomba

Q_B: Caudal de Bombeo

g: Gravedad

ρ: Densidad del agua

e: Eficiencia de la Bomba

Para calcular la potencia del equipo se utilizaron los siguientes elementos, descritos a continuación:

- **Caudal de bombeo (Q_b):**

Según Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable de la Organización panamericana de la salud:

Cuando el sistema de abastecimiento de agua incluye reservorio de almacenamiento posterior a la estación de bombeo; la capacidad de la tubería de succión (si corresponde), equipo de bombeo y tubería de impulsión deben ser calculadas con base en el caudal máximo diario y el número de horas de bombeo. (OPS, 2005, p.05)

Ecuación 17. Caudal de bombeo

$$Q_b = CMD \times \left(\frac{24}{N}\right)$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, (l/s)

CMD: Consumo máximo día, (l/s)

N: Número de horas de bombeo, (hrs)

Se propone utilizar un periodo de bombeo de 12 horas al día, este periodo está dentro del rango que estipula la norma INAA (2000): “El caudal de explotación de bombeo estará en función de un período de bombeo mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas” (p.19). Por lo tanto, el caudal de bombeo sería:

$$Q_b = 0.74 \text{ } l/seg * \frac{24}{12}$$

$$Q_b = 1.48 \text{ } l/seg$$

- **Altura total dinámica de la bomba (H_B):**

La altura total dinámica de la bomba se define como la diferencia del nivel máximo de las aguas o en sitio de llegada en este caso el tanque o reservorio y el nivel de piso de la

fuerza en este caso la pila más las pérdidas de carga total desarrolladas tanto en la succión como en la descarga. Se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

Ecuación 18. Altura total dinámica de la bomba

$$H_B = H_{\text{rebose del tanque}} - H_{\text{pila}} + H_{f_{\text{columna}}} + H_{f_{\text{descarga}}}$$

Donde:

H_B : Altura total dinámica de la bomba

$H_{\text{rebose del tanque}}$: Altura de rebose del agua en el reservorio

H_{pila} : Altura total de la pila

$H_{f_{\text{columna}}}$: Pérdidas por fricción en la longitud de columna

$H_{f_{\text{descarga}}}$: Pérdidas por fricción en la descarga

- **Altura de rebose del tanque y altura de columna de la bomba:**

Esta se obtuvo con ayuda del software AutoCAD, la altura a nivel de piso del tanque con respecto a la altura de piso de la pila es de 106.15 metros y el nivel de rebose del reservorio es de 2.10 metros por lo que la altura total es de 108.25 metros.

Mientras que la altura total de la pila hasta llegar al fondo de esta para aprovechar el volumen de agua total es de 2.60 metros.

- **Pérdidas de fricción de columna ($H_{f_{\text{columna}}}$):**

Las pérdidas por fricción en la columna de bombeo no deben de ser mayor al 5% de la longitud de columna (L_c), como lo establece la norma rural INAA (2000): “la columna de bombeo será diseñada para una pérdida de fricción no mayor del 5% de su longitud” (p.21), la pila tiene una altura total propuesta de 2.60 metros, estando la bomba a 0.20 metros sobre el nivel de piso, por lo que su longitud de columna es de 2.40 metros. Siendo las pérdidas igual a:

$$H_{f_{\text{columna}}} \leq 5\% L_c$$

$$H_{f_{\text{columna}}} \leq 5\%(2.40 \text{ metros}) \leq 0.12 \text{ metros}$$

Calculando las pérdidas por fricción verdaderas con la fórmula de Hazen-Williams, se obtiene:

Ecuación 19. Pérdidas por fricción de Hazen-Williams

$$Hf_{columna} = 10.67 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real}$$

Donde:

Q: Caudal de bombeo, m³/seg

C: Coeficiente de rugosidad según el material

D: Diámetro de la tubería, metros

L_{real}: Longitud total de tubería más la longitud equivalente de los accesorios

Siendo la tubería de diámetro de 2 pulgadas de H°G° que su coeficiente de rugosidad es de 130 y la longitud de la tubería es de 2.40 metros y los accesorios que incluye es un codo de 90° de diámetro de 2 pulgadas el cual su longitud equivalente es de 1.07 metros, por lo tanto, la longitud real es de:

Ecuación 20. Longitud real de tubería

$$L_{real} = L_{tubería} + L_{equivalente}$$

$$L_{real} = 2.40 \text{ m} + 1.07 \text{ m}$$

$$L_{real} = 3.47 \text{ metros}$$

$$Hf_{columna} = 10.67 * \left(\frac{0.001^{1.852}}{130^{1.852} * 0.051^{4.871}} \right) * 3.47$$

$$Hf_{columna} = 0.052 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se cumple con lo que estipula la norma ya que:

$$Hf_{columna} \leq 5\% L_c$$

$$0.052 \text{ metros} \leq 0.12 \text{ metros } (\text{Cumple})$$

- **Pérdidas de fricción en la descarga ($Hf_{descarga}$):**

Estas pérdidas que se generan a lo largo de la tubería de descarga. Estas se dan a lo largo de la longitud real la cual es la sumatoria de la longitud total de tubería y la longitud equivalente de los accesorios a lo largo de la línea. Dichas perdidas por fricción se calcularán con la fórmula de Hazen-Williams (*Ecuación 19*) como lo estipula la norma del INAA (2000):

$$Hf_{descarga} = 10.67 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real}$$

Donde:

Q: Caudal de bombeo, m³/seg

C: Coeficiente de rugosidad según el material

D: Diámetro de la tubería, metros

L_{real} : Longitud total de tubería más la longitud equivalente de los accesorios

La longitud real estaría dada por:

$$L_{real} = L_{tubería} + L_{equivalente} \text{ Ecuación 20}$$

La longitud calculada desde la fuente hasta el tanque es de 481 metros aproximadamente esta se obtuvo con ayuda software AutoCAD y las longitudes equivalentes de los accesorios se usará tabla extraída del libro de Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas (Pérez & Estébanez, 2006):

Tabla IV-12. Longitud Equivalente por accesorio.

Diámetro nominal de los caños normales		Válvula esclusa totalmente abierta	Válvula globo totalmente abierta	Válvula ángulo totalmente abierta	Válvula de retención	Codo normal o Te de 6 mm de reducción	Codo 90°	Te	Te con salida lateral	Codo 45°	Codo 180°	Ensachamiento brusco.	Contracción brusca.	Entrada de borda	Entrada ordinaria
mm.	Pulg.											d/D = 1/2	d/D = 1/2		
12	1/2	0.12	5.18	2.44	1.22	0.46	0.3	1	1	0.24	1.09	0.3	0.18	0.27	0.49
19	3/4	0.15	6.71	3.36	1.83	0.61	0.45	1.37	1.37	0.3	1.52	0.45	0.24	0.4	0.61
25	1	0.18	8.24	4.27	2.44	0.82	0.52	1.74	1.74	0.4	1.83	0.52	0.3	0.46	0.76
32	1 1/4	0.24	11	5.49	3.66	1.07	0.7	2.32	2.32	0.51	2.53	0.7	0.4	0.61	1.04
38	1 1/2	0.3	13.12	6.71	4.27	1.31	0.82	2.74	2.74	0.61	3.05	0.82	0.45	0.73	1.22
51	2	0.36	16.78	8.24	5.8	1.68	1.07	3.66	3.66	0.76	3.96	1.07	0.58	0.91	1.52
63	2 1/2	0.43	20.43	10.06	7.01	1.98	1.28	4.27	4.27	0.92	4.58	1.28	0.67	1.1	1.83
76	3	0.52	25.01	12.5	9.76	2.44	1.59	5.18	5.18	1.16	5.49	1.59	0.85	1.37	2.38
102	4	0.7	33.55	16.16	13.12	3.36	2.14	6.71	6.71	1.52	7.32	2.14	1.16	1.83	3.26
127	5	0.88	42.7	21.35	17.69	4.27	2.74	8.24	8.24	1.92	9.46	2.74	1.43	2.29	4.12
152	6	1.07	51.85	24.4	20.74	4.88	3.36	10	10	2.29	11.28	3.36	1.77	2.74	4.7
203	8	1.37	68.02	36.6		6.1	4.27	13.12	13.12	3.05	15.55	4.27	2.29	3.96	6.07
254	10	1.77	85.4	42.7		7.93	5.18	16.16	16.16	3.96	18.6	5.18	3.05	4.58	7.47
305	12	2.07	100.65	48.8		9.76	6.1	20.74	20.74	4.58	22.57	6.1	3.66	5.49	9.09
356	14	2.44	115.9	58		11.28	7.32	23.79	23.79	5.18	25.92	7.32	3.96	6.1	10.64
406	16	2.74	134.2	67.1		12.81	8.24	26.84	26.84	5.8	30.5	8.24	4.58	7.02	12.2

Fuente: Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas (Pérez & Estébanez, 2006)

Para el correcto funcionamiento del sistema de la línea de conducción es necesario utilizar algunos accesorios, los cuales se presentan en la siguiente tabla todos propuestos para un diámetro de 2 pulgadas tanto en la línea de impulsión como en la de descarga:

Tabla IV-13. Resumen de Accesorios en línea de impulsión comunidad El Guineo

ACCESORIOS	DIÁMETRO (pulg)	CANTIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE	LONG. EQUIVALENTE TOTAL (M)
Válvula de retención	2	2	5.8	11.6
válvula de compuerta abierta	2	2	0.36	0.72
Codo de 90	2	3	1.07	3.21
codo de 45	2	2	0.76	1.52
			Total	17.05

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la longitud real es la sumatoria de la longitud de tubería y la longitud equivalente de los accesorios, siendo igual a:

$$L_{real} = 481 \text{ metros} + 17.05 \text{ metros}$$

$$L_{real} = 498.10 \text{ metros}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la descarga se utilizó el coeficiente de rugosidad de $C=150$ como lo estipula (INAA 2000) para materiales de conducto tubo plástico (PVC). Teniendo que:

$$Hf_{descarga} = 10.67 * \left[\frac{(0.001 \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852} * (0.051 \text{ m})^{4.871}} \right] * 498.10 \text{ metros}$$

$$Hf_{descarga} = 5.77 \text{ metros}$$

Con todos los parámetros necesarios para el cálculo de altura total dinámica de la bomba se puede aplicar la fórmula anteriormente descrita:

$$H_B = H_{rebose\ del\ tanque} - H_{pila} + H_{f_{impulsi3n}} + H_{f_{descarga}}$$

$$H_B = 108.25\ metros - 2.60\ metros + 0.052\ metros + 5.77\ metros$$

$$CTD = 111.47\ metros$$

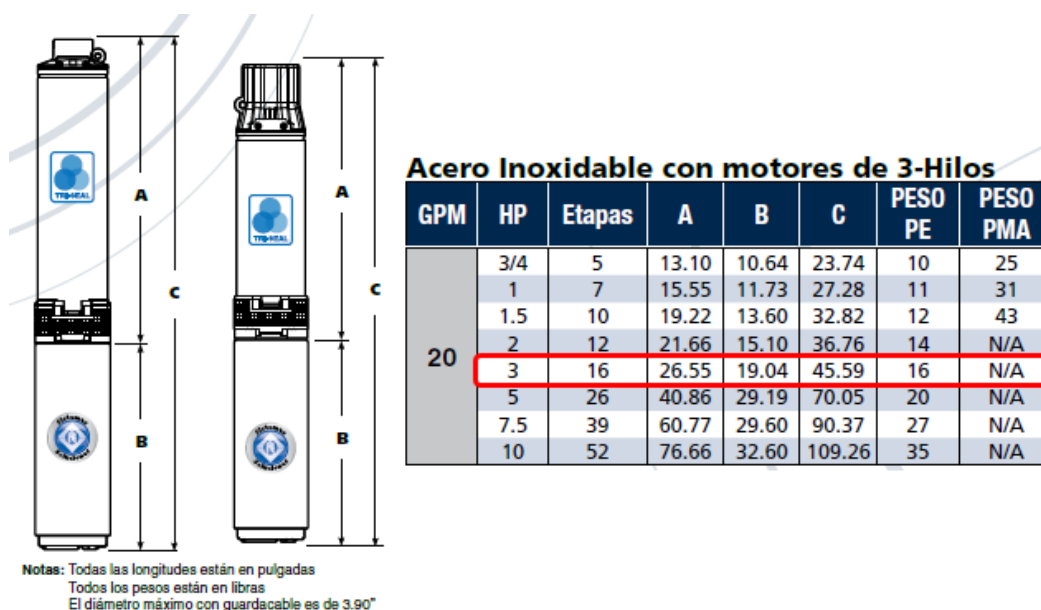
Continuando con el c3lculo de la potencia de la bomba necesaria para llevar el agua al tanque, se us3 un peso espec3fico del agua a 25 3C de 997 kg/m³ y la gravedad de 9.81 m/s², adem3s la eficiencia de la bomba se tomar3 como el 75%. Teniendo que:

$$Pot = \frac{111.47\ metros * 997\ \frac{kg}{m^3} * 9.81\ \frac{m}{s^2} * 0.001\ \frac{l}{seg}}{746\ watt/HP * 75\%}$$

$$Pot = 2.92\ HP$$

Proponiendo utilizar la bomba sumergible Tri-Seal de 4" de di3metro, modelo **35FH3S4-PECV**, con un rango de flujo entre 20-45 gpm y rango de carga total din3mica entre 58-117 metros y una potencia de 3 hp, datos obtenidos del fabricante (anexos). Con las siguientes dimensiones:

Ilustraci3n IV-2. Dimensiones de la bomba seleccionada comunidad El Guineo



Fuente: Catalogo de bombas sumergibles Tri-Seal de Franklin electric.

- **Línea de conducción**

Para el dimensionamiento de la línea de conducción para que logre vencer la carga estática y las pérdidas por fricción se consideraron los siguientes aspectos estipulados en la INAA 2000:

- a) Para el cálculo hidráulico, las pérdidas por fricción se determinarán por el uso de la fórmula de Hazen-Williams u otra similar.
 - b) Se dimensionará para la condición del consumo de máximo día al final del período de diseño, el cual se estima en 1.5 del consumo promedio (CMD=1.5 CP, más las pérdidas).
 - c) La tubería de descarga deberá ser seleccionada para resistir las presiones altas, y deberán ser protegidas contra el golpe de ariete instalando válvulas aliviadoras de presión en las vecindades de las descargas de las bombas.
- **Diámetro económico:** Según fórmula parecida a la de Bresse siendo $K=0.90$ y $n=0.45$. Tenemos que el diámetro es:

$$D = 0.90 (Q)^{0.45} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$D = 0.90 (0.001 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.048 \text{ metros} \approx 1.89 \text{ pulg}$$

Siendo el diámetro comercial más cercano 2 pulgadas.

- **Velocidad:** para el cálculo de velocidad se usó el diámetro propuesto, usando la siguiente expresión:

Ecuación 21. Velocidad del agua en la tubería

$$V = \frac{Q_b}{A} \approx V = \frac{4Q_b}{\pi D^2}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, m^3/s

D : Diámetro de la tubería, m

$$V = \frac{4 \times 0.001 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.0508 \text{ m})^2}$$

$$V = 0.73 \text{ m/s}$$

Esta velocidad se encuentra en el rango que recomienda INAA que debe estar entre 0.40 m/s y 2.0 m/s.

- **Celeridad:** Para el cálculo del golpe de ariete en la tubería se necesita la celeridad la cual es la velocidad de la onda de presión dentro de la tubería, está dada por la fórmula de Allievi:

Ecuación 22. Celeridad

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

Donde:

C: velocidad de la onda de presión, (m/s)

K: coeficiente de elasticidad, (adimensional)

D: diámetro de la tubería, (m)

e: espesor de la tubería, m

Según la ficha técnica de tubería PVC de Durman los espesores de tubería SDR-17 según su diámetro son:

Tabla IV-14. Espesor de tubería según su diámetro

Diámetro Nominal		Para tubería PVC SDR-17	
		Espesor de pared	
mm	Pulg	Mm	m
18	¾	1.66	0.00166
25	1	2.08	0.00208
31	1 ¼	2.64	0.00264
38	1 ½	3.01	0.00301
50	2	3.77	0.00377
62	2 ½	4.55	0.00455
75	3	5.54	0.00554
100	4	7.13	0.00713
150	6	10.5	0.0105
200	8	13.67	0.01367
250	10	17.01	0.01701
300	12	20.19	0.02019

Fuente: Adaptado de los catálogos de Durman, (2015).

Además, el coeficiente de elasticidad “K” según los catálogos de Durman para tubería dependiendo del material es de:

Tabla IV-15. Coeficiente de elasticidad (K) de las tuberías según el material.

Material de tubería	K
Acero	0.5
Hierro fundido	1
Concreto	5
Asbesto/cemento	4.4
PVC	18

Fuente: Adaptado de los catálogos de Durman, (2015).

Teniendo que la celeridad es:

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.0508 \text{ m}}{0.00377 \text{ m}}}}$$

$$c = 580.50 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el golpe de ariete es:

Ecuación 23. Golpe de ariete

$$G.A = \frac{CV}{g}$$

$$G.A = \frac{\left(580.50 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) * (0.73 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A = 43.20 \text{ m}$$

➤ Presión total:

La presión total en la línea de conducción debe ser menor a la presión permisible de diseño de la tubería: podemos describir la presión total a la suma del golpe de ariete más la carga estática la cuál es la diferencia entre el nivel de rebose del agua en el tanque y el nivel de agua estática de la fuente.

Ecuación 24. Carga estática de la fuente

$$CE = \text{Nivel de rebose del tanque} - \text{Nivel estático de la fuente}$$

$$CE = 844.54 \text{ m} - 736.29 \text{ m}$$

$$CE = 108.27 \text{ m}$$

Ecuación 25. Presión total del agua en la tubería

$$PT = G.A + CE$$

$$PT = 43.20 \text{ m} + 108.27 \text{ m}$$

$$PT = 151.47 \text{ m}$$

Según el catálogo Durman (2015), las tuberías SDR-17 tienen la capacidad de soportar presiones de 250 PSI lo que es aproximadamente 176 metros columna de agua. Por lo que tenemos un margen aceptable de seguridad. Por lo tanto, la línea de conducción cumple con los parámetros necesarios. Teniendo como resumen con la valoración de los resultados obtenidos en los cálculos:

Tabla IV-16. Valoración de criterios de línea de conducción comunidad El Guineo

Parámetro	Valor Calculado	Valores Permisibles	Observación
Velocidad	0.73 m/s	0.4m/s < V < 2.0 m/s	Cumple
Presión total	151.47 m	176 mca	Cumple

Fuente: Elaboración propia

4.8.2. Línea de conducción El Cristal

- **Potencia de la bomba**

La potencia de la bomba se calculó con la siguiente ecuación:

$$Pot = \frac{CTD * \rho * g * Q_b}{746 * e} \quad \text{Ecuación 16}$$

Donde:

Pot: Potencia de la bomba, (HP)

CTD: Carga total dinámica, (m)

Q_B: Caudal de Bombeo, (m³/s)

g: Gravedad, (m/s²)

ρ : Densidad del agua, (Kg/m^3)

e : Eficiencia de la Bomba, (%)

Para calcular la potencia del equipo se utilizaron los siguientes elementos, descritos a continuación:

- **Caudal de bombeo (Q_b):**

Siguiendo lo estipulado en la “Guía para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable de la Organización panamericana de la salud” (OPS, 2005), tenemos que el caudal de bombeo necesario es:

$$Q_b = CMD * \frac{24}{N} \text{ Ecuación 17}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, (l/s)

CMD: Consumo máximo día, (l/s)

N : Número de horas de bombeo (hr)

Se propone utilizar un periodo de bombeo de 12 horas al día, este periodo está dentro del rango que estipula la INAA (2000) en su norma con un mínimo de 12 horas y un máximo de 16 horas. El caudal de bombeo sería:

$$Q_b = 0.63 \text{ l/s} \times \left(\frac{24}{12}\right)$$

$$Q_b = 1.26 \text{ l/seg}$$

- **Carga total dinámica (CTD):**

La carga total dinámica o la altura manométrica total puede ser definida como la suma el incremento total de la carga de flujo a través de la bomba: es decir la diferencia de altura geométrica más todas las pérdidas en el sistema (OPS, 2005, p.06). Esta se puede calcular utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación 26. Carga total dinámica}$$

$$CTD = NB + CED + Hf_{columna} + Hf_{descarga}$$

Donde:

CTD: Carga total dinámica, (m)

NB: Nivel dinámico de la fuente (Nivel más bajo del agua durante el bombeo)

CED: Carga estática en la descarga

$Hf_{columna}$: Pérdidas por fricción en la columna

$Hf_{descarga}$: Pérdidas por fricción en la descarga

- **Nivel dinámico de la fuente:**

Este es el nivel que tiene el manto acuífero luego de ser sometido por cierto tiempo al funcionamiento de un respectivo equipo de bombeo. Este se puede calcular en base al nivel estático de la fuente, el caudal de bombeo y la capacidad específica.

Ecuación 27. Nivel dinámico de la fuente

$$NB = NEA + \frac{Q_B}{CE}$$

NB: Nivel de bombeo (m)

NEA: Nivel estático del agua (m)

Q_b : Caudal de bombeo (l/s)

CE: Capacidad específica ($\frac{lps}{m}$)

La capacidad específica y el nivel estático del pozo fue proporcionada por la prueba de bombeo realizada por parte del organismo El Porvenir el día 20 de octubre del 2020, siendo la capacidad específica (CE) del pozo 0.82 gpm/pie≈0.1696 Lps/metros y el nivel estático de la fuente (NEA) es de 44.6 pies≈13.59 metros. Por lo tanto, el nivel de bombeo sería:

$$NB = 13.59 \text{ m} + \frac{1.26 \text{ lps}}{0.17 \text{ lps/m}}$$

$$NB = 21.00 \text{ metros}$$

- **Carga estática en la descarga o altura de descarga (CED):**

Es la diferencia geométrica que hay entre la altura de rebose del tanque de almacenamiento (la cual es la cota del terreno en la cual va estar ubicado el tanque 800 msnm, más la altura de rebose del tanque 2 metros, por lo tanto, el nivel de rebose del tanque es de 802 msnm) y el nivel estático de la fuente en este caso el pozo en estudio (este se encuentra en la cota 745 msnm menos la altura del nivel estática de la fuente 13.59 metros, por lo que el nivel estático de la fuente es 731.40 msnm). Por lo que se puede aseverar que:

Ecuación 28. Carga estática en la descarga

$$CED = \text{Nivel de rebose del tanque} - \text{Nivel estático de la fuente}$$

$$CED = 802 \text{ m} - 731.40 \text{ m}$$

$$CED = 70.59 \text{ m}$$

- **Pérdidas de fricción en la columna ($H_{f_{columna}}$):**

Las pérdidas por fricción en la columna de bombeo no deben de ser mayor al 5% de la longitud de columna (L_c), como lo establece la norma rural INAA (2000). Por lo que se puede expresar como:

$$H_{f_{columna}} \leq 5\% L_c$$

$H_{f_{columna}}$: Pérdidas por fricción en la columna, (m)

L_c : Longitud de columna de bombeo, (m)

Siendo la longitud de columna según la norma NTON (1999): “la longitud de columna se establece para que se sumerja 6 metros bajo el nivel mínimo de bombeo” (p.37). Por lo que se puede formular como el nivel dinámico del pozo más una sumergencia de 6 metros, teniendo:

Ecuación 29. Longitud de columna

$$L_c = N_B + \text{sumergencia de la bomba}$$

$$L_c = 19.82 \text{ metros} + 6 \text{ metros} = 25.82 \text{ metros}$$

Por lo tanto, las pérdidas de fricción en la columna son de:

$$Hf_{columna} \leq 5\%(25.82 \text{ metros}) \leq \mathbf{1.29 \text{ metros}}$$

Calculando las pérdidas por fricción verdaderas con la fórmula de Hazen-Williams (Ecuación 19), se obtiene:

$$Hf_{columna} = 10.67 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real}$$

Donde:

Q: Caudal de bombeo, m³/seg

C: Coeficiente de rugosidad según el material

D: Diámetro de la tubería, metros

L_{real}: Longitud total de tubería más la longitud equivalente de los accesorios

Siendo la tubería de diámetro de 2 pulgadas de H°G° que su coeficiente de rugosidad es de 130 y la longitud de la tubería es de 25.82 metros y los accesorios que incluye es un codo de 90° de diámetro de 2 pulgadas el cual su longitud equivalente es de 1.07 metros, por lo tanto, la longitud real es de:

$$L_{real} = L_{tubería} + L_{equivalente} \text{ Ecuación 20}$$

$$L_{real} = 25.81 \text{ m} + 1.07 \text{ m}$$

$$L_{real} = 26.88 \text{ metros}$$

$$Hf_{columna} = 10.67 * \left(\frac{0.001^{1.852}}{130^{1.852} * 0.051^{4.871}} \right) * 26.88$$

$$Hf_{columna} = 0.31 \text{ metros}$$

Por lo tanto, se cumple con lo que estipula la norma ya que:

$$Hf_{columna} \leq 5\% L_c$$

$$0.31 \text{ metros} \leq 1.29 \text{ metros } (\text{Cumple})$$

- **Pérdidas de fricción en la descarga ($Hf_{descarga}$):**

Son el conjunto de pérdidas que se generan a lo largo de la tubería de descarga tanto por la tubería como por los accesorios, en este caso la línea de impulsión que llega hasta el tanque, estas se dan a lo largo de la longitud real de tubería es decir la longitud de tubería más la longitud equivalente de los accesorios utilizados en la línea de impulsión, dichas perdidas por fricción se calcularan con la fórmula de Hazen-Williams (*Ecuación 19*):

$$Hf_{descarga} = 10.67 * \left(\frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} \right) * L_{real}$$

Donde:

Q: Caudal de bombeo, m³/s

C: Coeficiente de rugosidad según el material

D: Diámetro de la tubería, (metros)

L_{real}: Longitud total de tubería más la longitud equivalente de los accesorios, (m)

La longitud real estaría dada por:

$$L_{real} = L_{tubería} + L_{equivalente}$$

La longitud calculada desde la fuente hasta el tanque es de 400 metros aproximadamente esta se obtuvo con ayuda del software AutoCAD y para calcular la longitud equivalente por accesorio se usó la tabla (*Tabla IV-17. Longitud Equivalente por accesorio.*) Para el correcto funcionamiento del sistema de la línea de conducción es necesario utilizar algunos accesorios, los cuales se presentan en la siguiente tabla todos propuestos para un diámetro de 2 pulgadas:

Tabla IV-18. Resumen de Accesorios en línea de impulsión comunidad El Cristal

ACCESORIOS	DIAMETRO (pulg)	CANTIDAD	LONGITUD EQUIVALENTE	LONG. EQUIVALENTE TOTAL (m)
Válvula de retención	2	2	5.8	11.6
Válvula de compuerta abierta	2	2	0.36	0.72
Codo de 90	2	3	1.07	3.21
Codo de 45	2	2	0.76	1.52
			Total	17.05

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la longitud real es la sumatoria de la longitud de tubería y la longitud equivalente de los accesorios, siendo igual a:

$$L_{real} = 400 \text{ metros} + 17.05 \text{ metros}$$

$$L_{real} = \mathbf{417.05 \text{ metros}}$$

Para el cálculo de las pérdidas en la descarga se utilizó el coeficiente de rugosidad de $C=150$ como lo estipula (INAA 2000) para materiales de conducto tubo plástico (PVC). Teniendo que:

$$Hf_{descarga} = 10.67 * \left(\frac{(0.001 \text{ m}^3/\text{s})^{1.852}}{(150)^{1.852} * (0.0508 \text{ m})^{4.871}} \right) * 417.05 \text{ metros}$$

$$Hf_{descarga} = \mathbf{3.70 \text{ metros}}$$

Con todos los parámetros necesarios para el cálculo de carga total dinámica se puede aplicar la fórmula anteriormente descrita:

$$CTD = NB + CED + Hf_{columna} + Hf_{descarga}$$

$$CTD = 21.00 \text{ metros} + 70.59 \text{ metros} + 0.31 \text{ metros} + 3.70 \text{ metros}$$

$$CTD = \mathbf{95.60 \text{ metros}}$$

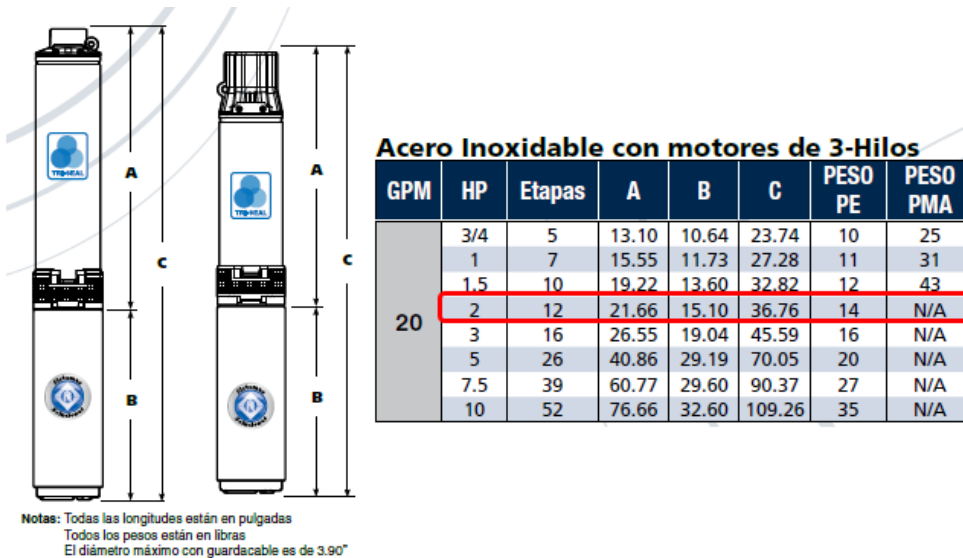
Continuando con el cálculo de la potencia de la bomba necesaria para llevar el agua al tanque, se usó un peso específico del agua a 25 °C de 997 kg/m³ y la gravedad de 9.81 m/s², además la eficiencia de la bomba se tomará como el 75%. Teniendo que:

$$Pot = \frac{95.60 \text{ metros} * 997 \text{ kg/m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2 * 0.001 \text{ m}^3/\text{seg}}{746 \text{ watt/HP} * 75\%}$$

$$Pot = \mathbf{2.06 \text{ HP}}$$

Proponiendo utilizar la bomba sumergible Tri-Seal de 4" de diámetro, modelo **20FA2S4-PE**, con un rango de flujo entre 15-25 gpm y rango de carga total dinámica entre 67-116 metros y una potencia de 2 hp, datos obtenidos del fabricante (anexos). Con las siguientes dimensiones:

Ilustración IV-3. Dimensiones de la bomba seleccionada comunidad El Cristal



Fuente: Catalogo de bombas sumergibles Tri-Seal de Franklin electric

- **Línea de conducción**

Para el dimensionamiento de la línea de conducción para que logre vencer la carga estática y las pérdidas por fricción se consideraron los aspectos antes planteados de INAA 2000.

- **Diámetro económico:** según fórmula parecida a la de Bresse siendo $K=0.90$ y $n=0.45$. Tenemos que el diámetro es:

$$D = 0.90 (Q)^{0.45} \text{ Ecuación 2}$$

$$D = 0.90 (0.001 \text{ m}^3/\text{s})^{0.45}$$

$$D = 0.045 \text{ metros} \approx 1.77 \text{ pulg}$$

Siendo el diámetro comercial más cercano 2 pulgadas.

- **Velocidad:** para el cálculo de velocidad se usó el diámetro propuesto anteriormente en el cálculo del diámetro económico, usando la siguiente expresión: *Ecuación 21*

$$V = \frac{Q_b}{A} \approx V = \frac{4Q_b}{\pi D^2}$$

Donde:

Q_b : Caudal de bombeo, (m^3/s)

D : diámetro de la tubería, (m)

$$V = \frac{4 \times 0.001 \text{ m}^3/s}{\pi \times (0.0508 \text{ m})^2}$$

$$V = 0.64 \text{ m/seg}$$

Esta velocidad se encuentra en el rango que recomienda INAA que debe estar entre 0.40 m/s y 2.0 m/s.

- **Celeridad:** para el cálculo del golpe de ariete en la tubería se necesita la celeridad la cual es la velocidad de la onda de presión dentro de la tubería, está dada por la fórmula de Allievi (*Ecuación 22*):

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + K \frac{D}{e}}}$$

Donde:

C : velocidad de la onda de presión, (m/s)

K : coeficiente de elasticidad, (adimensional)

D : diámetro de la tubería, (m)

e : espesor de la tubería, (m)

De modo que se puede calcular la celeridad de la onda de compresión utilizando las tablas de espesor de tubería (Tabla IV-19) y la del coeficiente de elasticidad (Tabla IV-20):

$$c = \frac{9900}{\sqrt{48.3 + 18 \frac{0.0508 \text{ m}}{0.00245 \text{ m}}}}$$

$$c = 482.20 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el golpe de ariete (Ecuación 23):

$$G.A = \frac{CV}{g}$$

$$G.A = \frac{\left(482.20 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right) * (0.64 \text{ m/s})}{9.81 \text{ m/s}^2}$$

$$G.A = 31.46 \text{ m}$$

➤ **Presión total:**

La presión total en la línea de conducción debe ser menor a la presión permisible de diseño de la tubería: podemos describir la presión total a la suma del golpe de ariete más la carga estática del sistema.

$$PT = G.A + CE \text{ Ecuación 25}$$

$$PT = 31.46 \text{ m} + 70.59 \text{ m}$$

$$PT = 102.05 \text{ m}$$

Esta es menor de 112 metros de columna de agua por lo que cumple con las especificaciones para tuberías PVC SDR-26 estipulado en las especificaciones Durman (2015). Teniendo como resumen con la valoración de los resultados obtenidos en los cálculos:

Tabla IV-21. Valoración de criterios de línea de conducción comunidad El Cristal

Parámetro	Valor Calculado	Valores Permisibles	Observación
Velocidad	0.64 m/s	0.4m/s < V < 2.0 m/s	Cumple
Presión total	102.05 m	112 mca	Cumple

Fuente: Elaboración propia

4.9. Pila de recepción

4.9.1. Para comunidad El Cristal

Se plantea utilizar una pila de recepción que reciba el agua que se transporta desde el muro por un canal revestido de concreto ciclópeo y desemboca en la parte baja de la vertiente de agua. Para esto se realizó un diseño similar al de un tanque de almacenamiento.

- **Capacidad de recepción**

Primero se determinó la capacidad de recepción inicial de la pila que será de 8 m³.

Luego se determinan las dimensiones mínimas del receptor:

Tabla IV-22. Dimensiones mínimas del receptor

Dimensiones mínimas		U/M
Altura de tanque	2.60	m
Altura de rebose	2.10	m
Área de base interna	3.81	m ²
Ancho interno	1.9	m
Largo interno	2.01	m
Elevación de fondo	795.36	m
Elevación de rebose	797.46	m

Fuente: Elaboración propia

Después, se determinan las medidas finales del tanque que cumplan con las mínimas establecidas.

Tabla IV-23. Medidas finales del tanque

Dimensiones de tanque		U/M
Altura de tanque	2.60	m
Altura de rebose	2.10	m
Área de base interna	4.00	m ²
Ancho interno	2	m
Largo interno	2	m
Elevación de fondo	795.36	m

Elevación de rebose	797.46	m
---------------------	--------	---

Fuente: Elaboración propia

Y finalmente, se determina el volumen útil del tanque

Tabla IV-24. Volumen útil del tanque

Vol. Útil	8.4	m ³
-----------	-----	----------------

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de losa de techo por el método de la rigidez modificada**

Se clasifica la losa para saber si se diseñará en una o dos direcciones.

Tabla IV-25. Relación L/S

L/S	1
-----	---

Fuente: Elaboración propia

Al ser la relación L/S menor a 2, se considera una losa en dos direcciones, según ACI 318-19.

Tabla IV-26. Datos para losa en dos direcciones

Datos		U/M
γ concreto	150	Lb/Ft ³
F'c	3000	PSI
Fy	40000	PSI
Datos		U/M
Ec	3600000	Kg/cm ²
Recubrimiento	1	In
Ancho	2.6	m
Largo	2.6	m
Columnas		
Largo	0.3	m
Ancho	0.3	m

Fuente: Tabla 20.5.1.3.3. ACI 318-19

Se determina el espesor mínimo de losa de acuerdo a la Tabla 8.3.1.1 ACI 318-19

Tabla IV-27. Espesor mínimo de losa

Panel exterior sin viga de borde

In/33	2.39	In
-------	------	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-28. Espesor de losa

Usar h=	4	In
---------	---	----

Fuente: Elaboración propia

Se determina el peso propio de la losa para carga muerta.

Tabla IV-29. Peso propio de la losa

CM	50	Lb/ft
Ref carga viva	100	Kg/m ²
CV	20.49	Lb/Ft

Fuente: Elaboración propia

Se mayor la carga según el RNC-07.

Tabla IV-30. Carga mayorada.

qu	0.09	KSF
-----------	------	-----

Fuente: Elaboración propia

Se realiza la revisión por cortante en una y dos direcciones.

En una dirección:

Tabla IV-31. Revisión por cortante en una dirección

d	2.38	In	Varilla #5
Vu	0.32	Kips	
ΦV_c	2.35	Kips	$\Phi V_c = 2.35 \text{ Kips} > V_u = 0.32 \text{ Kips} \therefore \text{Cumple}$

Fuente: Elaboración propia

En dos direcciones:

Tabla IV-32. Revisión por cortante en dos direcciones

b0	56.76	In	Valor menor de los tres
β	1		
α_s	20	Columna exterior	
ΦV_c	22.2	Kips	
ΦV_c	33.3	Kips	

ΦV_c	15.75	Kips
------------	-------	------

Fuente: Elaboración propia

El área sometida a cortantes es:

Tabla IV-33. Área sometida a cortante

As	16.79	Ft ²	$\Phi V_c = 15.75 \text{ K} > V_u = 1.51 \text{ K} \therefore \text{Cumple}$
Vu	1.51	Kips	

Fuente: Elaboración propia

Cálculo del momento estático mayorado total (Mo)

Tabla IV-34. Cálculo de la flexión torsional

Determinación de la flexión torsional		
C	2,129.97	In ⁴
Kt	270.53	Ec

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-35. Cálculo de la flexión de columnas

Determinación de flexión de columnas		
Kc	63.37	Ec

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de K_{ec}

Tabla IV-36. Cálculo de K_{ec}

K _{ec}	63.37	Ec
-----------------	-------	----

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de la rigidez de la losa y su radio:

Tabla IV-37. Determinación de la rigidez de la losa y su radio

Ks	21.33	Ec
Aec	2.97	
Q	1.34	
M0l	5.46	K.Ft
M0s	5.46	K.Ft
Mnt	3.69	K.Ft
Mp	2.3	K.Ft

Mne	2.65	K.Ft
-----	------	------

Fuente: Elaboración propia

Momentos en la dirección larga

Tabla IV-38. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa

	Columna	Centro
Momento positivo	1.7	1.14
Momento exterior	-2.87	0

Fuente: Elaboración propia

Momentos en la dirección corta:

Tabla IV-39. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa

	Columna	Centro
Momento positivo	1.15	0
Momento exterior	-2.68	0

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de acero en la dirección larga:

Tabla IV-40. Cálculo de acero en la dirección larga

	Columna			Media		
Dirección larga	Exterior	Positiva	Exterior	Exterior	Positiva	Exterior
Mu (K.Ft)	-2.87	1.7	-2.87	0	1.14	0
b (In)	51.18	51.18	51.18	51.18	51.18	51.18
d (In)	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
Ru (PSI)	-9.9	5.86	-9.9	0	3.93	0
ρ (%)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
As (In ²)	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Min. As	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Varilla seleccionada	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5
Espaciamiento (In)	18	18	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de acero en la dirección corta:

Tabla IV-41. Cálculo de acero en la dirección corta

	Columna		Media	
Dirección corta	Exterior	Positiva	Exterior	Positiva
Mu (K.Ft)	-2.68	1.15	0	0
b (In)	51.18	51.18	51.18	51.18
d (In)	1.88	1.88	1.88	1.88
Ru (PSI)	-14.82	6.36	0	0
ρ (%)	0.002	0.002	0.002	0.002
As (In ²)	0.19	0.19	0.19	0.19
Min. As	0.37	0.37	0.37	0.37
Varilla seleccionada	2 var #4	2 var #4	2 var #4	2 var #4
Espaciamiento (In)	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de muro de concreto ciclópeo.**

Se procede diseñar el muro de concreto ciclópeo.

Tabla IV-42. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Cristal

Datos		U/M
γ concreto	2400	Kg/m ³
γ concreto ciclópeo	2200	Kg/m ³
Espesor de losa superior	0.1	m
Datos		U/M
Capacidad de soporte de suelo	1650	Kg/m ²
Angulo de fricción	38	
Densidad del agua	1000	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

Se determina la altura del muro

Tabla IV-43. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Cristal

Altura de pila	2.60	m
----------------	------	---

Altura de losa de cimentación	0.3	m
At	2.90	m

Fuente: Elaboración propia

Luego, se calculan las cargas muertas, como es la losa superior.

Tabla IV-44. Cálculo de las cargas muertas

CM losa superior	240	Kg/m
------------------	-----	------

Fuente: Elaboración propia

Se determina la presión neutra del agua en el muro

Tabla IV-45. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Cristal

En El punto C	0	Kg/m ²
En El punto B	2205	Kg/m

Fuente: Elaboración propia

Se calcula el peso del muro y sus momentos reactores:

Tabla IV-46. Cálculo el peso del muro y sus momentos reactores

Sección	Dimensión de muro		Áreas (m2)	Peso concreto ciclópeo (Kg/m3)	Peso (Kg/m)	Brazo (m)	Momento (Kg.m)
	Ancho (m)	Altura (m)					
1	0.4	2.6	1.04	2200	2288	0.9	2059.2
2	0.7	2.6	0.91	2200	2002	0.47	934.27
3					72	0.85	61.2
					4362		3054.67

Fuente: Elaboración propia

Se determina la carga total

Tabla IV-47. Carga total del muro de concreto ciclópeo

WT	4362.00	Kg/m
----	---------	------

Fuente: Elaboración propia

Se procede a calcular el momento activo del agua

Tabla IV-48. Momento activo del agua del muro de concreto ciclópeo

Mpa	1543.5	Kg.m
-----	--------	------

Fuente: Elaboración propia

Se revisa el muro contra:

- Volteo:

Tabla IV-49. Revisión de muro de concreto ciclópeo contra volteo

Fsv	1.98	Fsv>1.5 ∴ Cumple
-----	------	------------------

Fuente: Elaboración propia

- Deslizamiento:

Tabla IV-50. Revisión de muro de concreto ciclópeo contra deslizamiento

Fs	1.54	Fs>1.5 ∴ Cumple
----	------	-----------------

Fuente: Elaboración propia

- Por capacidad de carga

Tabla IV-51. Revisión de muro de concreto ciclópeo por capacidad de carga

e	0.00	No existe tensión en la punta del talón
Sx	0.08	m3
qMax	6231.43	q _{máx} <20,000 ∴ Cumple

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de losa de piso**

Se diseña finalmente la losa de piso que estará soportando todas las cargas muertas y vivas de la losa de techo y el muro de concreto ciclópeo.

Tabla IV-52. Datos para el diseño de losa de piso en El Cristal

Datos		
γ concreto ciclópeo	150	Lb/ft3
F'c	3000	PSI
Fy	40000	PSI
Densidad del agua	62.43	Lb/ft3
Datos		
Ancho tributario	12	In
Φ	0.9	
Recubrimiento	3	In
Detalles de losa		
Ancho	15.42	Ft
Largo	15.42	Ft

Fuente: Elaboración propia

Se determina el espesor de la losa:

Tabla IV-53. Determinación del espesor de la losa de piso

h Min	4.11	In
h	10	In

Fuente: Elaboración propia

Se calculan las cargas últimas

Tabla IV-54. Cálculo de cargas últimas en la losa de piso

CM Losa superior	50	Lb/Ft
CM Muro	2114.01	Lb/Ft
CM agua	430.11	Lb/Ft
CM Total	2594.12	Lb/Ft

Fuente: Elaboración propia

Se determina la carga viva, de acuerdo al RNC-07.

Tabla IV-55. Determinación de carga viva

CV	20.49	Lb/Ft
----	-------	-------

Fuente: Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07)

Y se obtiene la carga última total

Tabla IV-56. Cálculo de carga última total

Wu	3145.73	Lb/Ft
----	---------	-------

Fuente: Elaboración propia

Se determina el coeficiente de momento

Tabla IV-57. Determinación de coeficiente de momento

m	1
---	---

Fuente: Elaboración propia

Se calculan los momentos en la losa

Tabla IV-58. Cálculo de los momentos de la losa de piso

Momento positivo	206442.6	Lb/ln
Momento negativo	242345.6	Lb/ln

Fuente: Elaboración propia

Se obtiene el peralte efectivo

Tabla IV-59. Peralte efectivo de la losa de piso

d	7	ln
---	---	----

Fuente: Elaboración propia

Se calcula el acero en el área en tensión y en compresión

Tabla IV-60. Cálculo de acero en el área de tensión y compresión de la losa de piso

As1	0.82	ln2	As11>Asmin ∴ Cumple
a1	1.07	ln2	
As11	0.8	ln2	

Fuente: Elaboración propia

Se calcula el área de acero mínima y el espaciamiento máximo

Tabla IV-61. Cálculo de área de acero mínima y el espaciamiento máximo

Asmin	0.24	ln2
Smax	20	ln

Fuente: Elaboración propia

Se concluye que el acero será una varilla #10 @ 10 ln.

Y se realiza la revisión por cortante:

Tabla IV-62. Revisión por cortante de la losa de piso

Vu	7033.538	Lb	Vc>Vu ∴ Cumple
Vc	7821.478	Lb	

Fuente: Elaboración propia

4.10. Tanque de almacenamiento

Al iniciar a diseñar el tanque de almacenamiento se especificó el volumen de agua que debe almacenar, según la norma técnica de INAA, debe ser el 35% del consumo promedio diario en litros por día.

4.10.1. Para el tanque de almacenamiento El Guineo:

Tabla IV-63. Determinación del volumen de agua que debe almacenar el tanque en la comunidad El Guineo

AÑO	CPD (lppd)	Vol compensador (15%*CPD) (lppd)	Vol. De reserva (20%*CPD) (lppd)	Vol de almacenamiento (35%*CPD) (lppd)	Volumen (m ³)
2021	22,464.00	3369.60	4492.80	7862.40	7.86
2022	23,328.00	3499.20	4665.60	8164.80	8.16
2023	24,192.00	3628.80	4838.40	8467.20	8.47
2024	24,192.00	3628.80	4838.40	8467.20	8.47
2025	25,056.00	3758.40	5011.20	8769.60	8.77
2026	25,920.00	3888.00	5184.00	9072.00	9.07
2027	25,920.00	3888.00	5184.00	9072.00	9.07
2028	26,784.00	4017.60	5356.80	9374.40	9.37
2029	27,648.00	4147.20	5529.60	9676.80	9.68
2030	27,648.00	4147.20	5529.60	9676.80	9.68
2031	28,512.00	4276.80	5702.40	9979.20	9.98
2032	29,376.00	4406.40	5875.20	10281.60	10.28
2033	30,240.00	4536.00	6048.00	10584.00	10.58
2034	31,104.00	4665.60	6220.80	10886.40	10.89
2035	31,104.00	4665.60	6220.80	10886.40	10.89
2036	31,968.00	4795.20	6393.60	11188.80	11.19
2037	33,696.00	5054.40	6739.20	11793.60	11.79
2038	34,560.00	5184.00	6912.00	12096.00	12.10
2039	35,424.00	5313.60	7084.80	12398.40	12.40
2040	36,288.00	5443.20	7257.60	12700.80	12.70
2041	37,152.00	5572.80	7430.40	13003.20	13.00

Fuente: Elaboración propia

4.10.2. Para el tanque de almacenamiento El Cristal:

Tabla IV-64. Determinación del volumen de agua que debe almacenar el tanque en la comunidad El Cristal

AÑO	CPD (lppd)	Vol compensador (15%*CPD) (lppd)	Vol. De reserva (20%*CPD) (lppd)	Vol de almacenamiento (35%*CPD) (lppd)	Volumen (m ³)
2021	20,736.00	3110.40	4147.20	7257.60	7.26
2022	20,736.00	3110.40	4147.20	7257.60	7.26
2023	21,600.00	3240.00	4320.00	7560.00	7.56
2024	21,600.00	3240.00	4320.00	7560.00	7.56
2025	22,464.00	3369.60	4492.80	7862.40	7.86
2026	23,328.00	3499.20	4665.60	8164.80	8.16
2027	23,328.00	3499.20	4665.60	8164.80	8.16
2028	24,192.00	3628.80	4838.40	8467.20	8.47
2029	24,192.00	3628.80	4838.40	8467.20	8.47
2030	25,056.00	3758.40	5011.20	8769.60	8.77
2031	25,920.00	3888.00	5184.00	9072.00	9.07
2032	25,920.00	3888.00	5184.00	9072.00	9.07
2033	26,784.00	4017.60	5356.80	9374.40	9.37
2034	27,648.00	4147.20	5529.60	9676.80	9.68
2035	28,512.00	4276.80	5702.40	9979.20	9.98
2036	28,512.00	4276.80	5702.40	9979.20	9.98
2037	29,376.00	4406.40	5875.20	10281.60	10.28
2038	30,240.00	4536.00	6048.00	10584.00	10.58
2039	31,104.00	4665.60	6220.80	10886.40	10.89
2040	31,968.00	4795.20	6393.60	11188.80	11.19
2041	31,968.00	4795.20	6393.60	11188.80	11.19

Fuente: Elaboración propia

La capacidad del tanque El Guineo es de 13 m^3 y la capacidad del tanque El Cristal es de 11.19 m^3 . De esta forma se garantiza el volumen suficiente para cubrir las variaciones horarias y proporcionar un volumen de reserva que garantice el vital líquido a la población ante cualquier eventualidad. Todo esto se contempla al final del periodo de diseño o vida de proyecto.

4.11. Características de los tanques de almacenamiento

4.11.1. Características de tanque El Guineo

Se propuso el diseño de un tanque de concreto ciclópeo con resistencia de 2200 kg/m^3 apoyado sobre una losa de cimentación y cubierto en la parte superior por otra losa, ambas de concreto reforzado.

Dimensiones:

Tabla IV-65. Dimensiones mínimas de tanque de almacenamiento en la comunidad El Guineo

Dimensiones mínimas		U/M
Altura de tanque	2.50	m
Altura de rebose	2.00	m
Área de base interna	6.50	m^2
Ancho interno	2.2	m
Largo interno	2.95	m
Elevación de fondo	842.58	m
Elevación de rebose	844.58	m

Fuente: Elaboración propia

Al realizar pruebas de dimensionamiento de tanque por encima de las medidas mínimas; se procedió a almacenar un volumen mayor al establecido por la demanda por cuestiones de operación del sistema. Al cumplir con estos detalles de seguridad, se obtuvo:

Tabla IV-66. Dimensiones de tanque de almacenamiento en la comunidad El Guineo

Dimensiones de tanque		U/M
Altura de tanque	2.5	m
Altura de rebose	2	m
Área de base interna	7.13	m^2

Dimensiones de tanque		U/M
Ancho interno	2.3	m
Largo interno	3.1	m
Elevación de fondo	842.58	m
Elevación de rebose	844.58	m

Fuente: Elaboración propia

Para un volumen útil del tanque:

Tabla IV-67. Determinación del volumen útil del tanque de almacenamiento de la comunidad El Guineo

Volumen útil de tanque		U/M
Vol. Útil	14.26	m ³

Fuente: Elaboración propia

4.11.2. Características de tanque El Cristal

Se propuso el diseño de un tanque de concreto ciclópeo con resistencia de 2200 kg/m³ apoyado sobre una losa de cimentación y cubierto en la parte superior por otra losa, ambas de concreto reforzado.

Dimensiones:

Tabla IV-68. Dimensiones mínimas de tanque de almacenamiento en la comunidad El Cristal

Dimensiones mínimas		U/M
Altura de tanque	2.50	m
Altura de rebose	2.00	m
Área de base interna	5.60	m ²
Ancho interno	1.9	m
Largo interno	2.95	m
Elevación de fondo	795.36	m
Elevación de rebose	797.36	m

Fuente: Elaboración propia

Al realizar pruebas de dimensionamiento de tanque por encima de las medidas mínimas; se procedió a almacenar un volumen mayor al establecido por la demanda por cuestiones de operación del sistema. Al cumplir con estos detalles de seguridad, se obtuvo:

Tabla IV-69. Dimensiones de tanque de almacenamiento en la comunidad El Cristal

Dimensiones de tanque		U/M
Altura de tanque	2.50	m
Altura de rebose	2.00	m
Área de base interna	6.00	m ²
Ancho interno	2	m
Largo interno	3	m
Elevación de fondo	795.36	m
Elevación de rebose	797.36	m

Fuente: Elaboración propia

Para un volumen útil del tanque:

Tabla IV-70. Determinación del volumen útil del tanque de almacenamiento de la comunidad El Cristal

Volumen útil de tanque		U/M
Vol. Útil	12	m ³

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de losa de cubierta**

- **Para comunidad El Guineo**

Se considera una losa de concreto reforzado en dos direcciones diseñada con el método de rigidez modificada.

Para comprobar que la losa es en dos direcciones se verifica que $L/S < 2$.

Tabla IV-71.. Relación L/S para losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

L/S	1.35
-----	------

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, la losa es en dos direcciones.

Tabla IV-72. Datos para cálculo de losas en dos direcciones para tanque de almacenamiento El Guineo

Datos		U/M
γ concreto	150	Lb/Ft ³
$F'c$	3000	PSI
Fy	40000	PSI

Datos		U/M
Ec	3600000	Kg/cm ²
Recubrimiento	1	In
Ancho	2.9	m
Largo	3.7	m
Columnas		
Largo	0.3	m
Ancho	0.3	m

Fuente: Tabla 20.5.1.3.3. ACI 318-19

- Espesor mínimo de losa Tabla 8.3.1.1 ACI 318-19

Tabla IV-73. Espesor mínimo de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Panel exterior sin viga de borde

In/33	3.7	In
-------	-----	----

Fuente: Tabla 20.5.1.3.3. ACI 318-19

Por lo tanto:

Tabla IV-74. Espesor de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Usar h=	4	In
---------	---	----

Fuente: Elaboración propia

- Peso propio de losa para carga muerta

Tabla IV-75. Peso propio de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

CM	50	Lb/ft
Ref carga viva	100	Kg/m ²
CV	20.49	Lb/Ft

Fuente: Elaboración propia

- Carga mayorada según RNC-07

Tabla IV-76. Carga última mayorada de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

qu	0.09	KSF
----	------	-----

Fuente: Elaboración propia

- Revisión por cortante

Cortante en una dirección

Tabla IV-77. Peralte de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

d	2.38	In	Varilla #5
---	------	----	------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-78. Revisión por cortante en una dirección de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Vu	0.48	Kips	
ΦV_c	2.35	Kips	$\Phi V_c > V_u \therefore$ Cumple

Fuente: Elaboración propia

Cortante en dos direcciones

Tabla IV-79. Revisión por cortante en dos direcciones de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

b0	56.76	In	
β	1		
α_s	20	Columna exterior	
ΦV_c	22.2	Kips	Valor menor de los tres
ΦV_c	33.3	Kips	
ΦV_c	15.75	Kips	

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-80. Cálculo de cortante en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Área sometida a cortante		
As	27.48	Pie ²
Vu	2.47	Kips
		$\Phi V_c > V_u \therefore$ Cumple

Fuente: Elaboración propia

➤ Cálculo de momento estático mayorado total Mo

Tabla IV-81. Determinación de flexión torsional en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Determinación de la flexión torsional		
C	2381.94	In ⁴
Kt	260.55	Ec

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-82. Determinación de flexión de columnas en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Determinación de flexión de columnas		
Kc	65.91	Ec

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-83. Cálculo de rigidez de losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

Cálculo de Kec		
Kec	65.91	Ec
Cálculo de rigidez de losa y su radio		
Ks	16.72	Ec
α_{ec}	3.94	
Q	1.25	
M0l	13.32	K.Ft
M0s	9.94	K.Ft
Mnt	8.92	K.Ft
Mp	5.41	K.Ft
Mne	6.93	K.Ft

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-84. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

	Columna	Centro
Momento positivo	4.16	2.77
Momento exterior	-6.99	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-85. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Guineo

	Columna	Centro
Momento positivo	2.8	0
Momento exterior	-6.53	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-86. Cálculo de acero en la dirección larga en la losa de cubierta del tanque en El Guineo

	Columna			Media		
Dirección larga	Exterior	Positiva	Exterior	Exterior	Positiva	Exterior
Mu (K.Ft)	-6.99	4.16	-6.99	0	2.77	0
b (In)	57.09	57.09	57.09	57.09	57.09	57.09
d (In)	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
Ru (PSI)	-21.62	12.86	-21.62	0	8.57	0
ρ (%)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
As (In ²)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68
Min. As	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
Varilla seleccionada	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5
Espaciamiento (In)	18	18	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-87. Cálculo de acero en la dirección corta en la losa de cubierta del tanque en El Guineo

	Columna		Media	
Dirección corta	Exterior	Positive	Exterior	Positive
Mu (K.Ft)	-6.53	2.8	0	0
b (In)	72.83	72.83	72.83	72.83
d (In)	1.88	1.88	1.88	1.88
Ru (PSI)	-25.37	10.88	0	0
ρ (%)	0.002	0.002	0.002	0.002
As (In ²)	0.27	0.27	0.27	0.27
Min. As	0.52	0.52	0.52	0.52
Varilla seleccionada	3 var #4	3 var #4	3 var #4	3 var #4
Espaciamiento (In)	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

➤ Para comunidad El Cristal

Diseño de losa de cubierta con el método de rigidez modificada

Tabla IV-88. Relación L/S para losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

L/S	1.5	Ref.	Diseño de losa en dos direcciones
-----	-----	------	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-89. Datos para cálculo de losas en dos direcciones para tanque de almacenamiento El Cristal

Datos		U/M
y concreto	150	Lb/Ft ³
F'c	3000	PSI
Fy	40000	PSI
Ec	3600000	Kg/cm ²
Recubrimiento	1	In
Ancho	2.6	m
Largo	3.6	m
Columnas		
Largo	0.3	m
Ancho	0.3	m

Fuente: Elaboración propia

- Espesor mínimo de losa Tabla 8.3.1.1 ACI 318-19

Tabla IV-90. Espesor mínimo de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Panel exterior sin viga de borde

In/33	3.58	In
-------	------	----

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-91. Espesor de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Usar h=	4	In
---------	---	----

Fuente: Elaboración propia

- Peso propio de losa para carga muerta

Tabla IV-92. Peso propio de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

CM	50	Lb/ft			
Ref carga viva	100	Kg/m ²	Equivale	20.49	PSF
CV	20.49	Lb/Ft			

Fuente: Elaboración propia

➤ Carga mayorada SEGÚN RNC07

Tabla IV-93. Carga última mayorada de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Qu	0.09	KSF
----	------	-----

Fuente: Elaboración propia

➤ Revisión por cortante

Cortante en una dirección

Tabla IV-94. Peralte de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

d	2.38	In	Varilla #5
---	------	----	------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-95. Revisión por cortante en una dirección de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Vu	0.47	Kips	
ΦV_c	2.35	Kips	$\Phi V_c = 2.35 \text{ K} > V_u = 0.47 \text{ K} \therefore \text{Cumple}$

Fuente: Elaboración propia

Cortante en dos direcciones

Tabla IV-96. Revisión por cortante en dos direcciones de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

b0	56.76	In	
β	1		
α_s	20	Columna exterior	
ΦV_c	22.2	Kips	Valor menor de los tres
ΦV_c	33.3	Kips	
ΦV_c	15.75	Kips	

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-97. Cálculo de cortante en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Área sometida a cortante		
As	23.79	Ft ²
Vu	2.14	Kips
$\phi V_c = 15.75 \text{ K} > V_u = 2.14 \text{ K} \therefore \text{Cumple}$		

Fuente: Elaboración propia

Cálculo de momento estático mayorado total Mo

Tabla IV-98. Determinación de flexión torsional en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Determinación de la flexión torsional		
C	2129.97	In ⁴
Kt	270.53	Ec

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-99. Determinación de flexión de columnas en losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Determinación de flexión de columnas		
Kc	65.91	Ec

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-100. Cálculo de rigidez de losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

Cálculo de Kec		
Kec	65.91	Ec
Cálculo de rigidez de losa y su radio		
Ks	15.41	Ec
α_{ec}	4.28	
Q	1.23	
M _{0I}	11.25	K.Ft
M _{0s}	7.57	K.Ft
M _{nt}	7.52	K.Ft
M _p	4.53	K.Ft
M _{ne}	5.95	K.Ft

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-101. Cálculo de momentos en la dirección larga de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

	Columna	Centro
Momento positivo	3.51	2.34
Momento exterior	-5.91	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-102. Cálculo de momentos en la dirección corta de la losa de cubierta de tanque de almacenamiento en El Cristal

	Columna	Centro
Momento positivo	2.36	0
Momento exterior	-5.51	0

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-103. Cálculo de acero en la dirección larga en la losa de cubierta del tanque en El Cristal

	Columna			Media		
Dirección larga	Exterior	Positiva	Exterior	Exterior	Positiva	Exterior
Mu (K.Ft)	-5.91	3.51	-5.91	0	2.34	0
b (In)	51.18	51.18	51.18	51.18	51.18	51.18
d (In)	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38	2.38
Ru (PSI)	-20.39	12.11	-20.39	0	8.07	0
ρ (%)	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
As (In ²)	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61
Min. As	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37	0.37
Varilla seleccionada	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5	3 var #5
Espaciamiento (In)	18	18	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-104. Cálculo de acero en la dirección corta en la losa de cubierta del tanque en El Cristal

	Columna		Media	
	Exterior	Positiva	Exterior	Positiva
Dirección corta				
Mu (K.Ft)	-5.51	2.36	0	0
b (In)	70.87	70.87	70.87	70.87
d (In)	1.88	1.88	1.88	1.88
Ru (PSI)	-22	9.42	0	0
ρ (%)	0.002	0.002	0.002	0.002
As (In ²)	0.27	0.27	0.27	0.27
Min. As	0.51	0.51	0.51	0.51
Varilla seleccionada	2 var #4	2 var #4	2 var #4	2 var #4
Espaciamiento (In)	18	18	18	18

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de muro de concreto ciclópeo**

➤ **Para comunidad El Guineo**

Tabla IV-105. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Guineo

Datos		U/M
γ concreto	2400	Kg/m ³
γ concreto ciclópeo	2200	Kg/m ³
Espesor de losa superior	0.10	M
Capacidad de soporte de suelo	1650	Kg/m ²
Angulo de fricción	38	
Densidad del agua	1000	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

➤ Altura total de muro

Tabla IV-106. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Guineo

Altura de pila	2.50	m
Altura de losa de cimentación	0.3	m
At	2.80	m

Fuente: Elaboración propia

➤ Esfuerzo efectivo

Tabla IV-107. Cálculo del esfuerzo efectivo en el muro de concreto ciclópeo en El Guineo

CM losa superior	240	Kg/m
------------------	-----	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Presión neutra

Tabla IV-108. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Guineo

En El punto C	0	Kg/m ²
En El punto B	2000	Kg/m

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-109. Momentos estabilizantes del muro en El Guineo

Momento estabilizante de muro							
Sección	Dimensiones de muro		Área (m ²)	Peso concreto ciclópeo (Kg/m ³)	Peso (Kg/m)	Brazo (m)	Momento (Kg.m)
	Ancho (m)	Altura (m)					
1	0.40	2.50	1.00	2200.00	2200.00	0.80	1760.00
2	0.60	2.50	0.75	2200.00	1650.00	0.40	660.00
3					72.00	0.85	61.20
					3922.00		2481.20

Fuente: Elaboración propia

➤ Carga total

Tabla IV-110. Carga total en el muro de El Guineo

WT	3922.00	Kg/m
----	---------	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Momento activo del agua

Tabla IV-111. Momento activo del agua en el muro de El Guineo

Mpa	1333.33	Kg.m
-----	---------	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Factor contra volteo

Tabla IV-112. Factor contra volteo en el muro de El Guineo

Fsv	1.86	Fsv=1.86 > 1.5 ∴ Cumple
-----	------	-------------------------

Fuente: Elaboración propia

➤ Factor contra deslizamiento

Tabla IV-113. Factor contra deslizamiento en el muro de El Guineo

Fs	1.53	Fv=1.53 > 1.5 ∴ Cumple
----	------	------------------------

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-114. Factor de seguridad por capacidad de carga en el muro de El Guineo

Factor de seguridad por capacidad de carga		
e	0.01	No existe tensión en la punta del talón
Sx	0.06	m ³
qMax	7190.33	qmax<20,000 ∴ Cumple

Fuente: Elaboración propia

➤ **Para El Cristal**

Tabla IV-115. Datos de diseño de muro de concreto ciclópeo en El Cristal

Datos		U/M
γ concreto	2400	Kg/m ³
γ concreto ciclópeo	2200	Kg/m ³
Espesor de losa superior	0.10	m
Capacidad de soporte de suelo	1650	Kg/m ²
Angulo de fricción	38	
Densidad del agua	1000	Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia

➤ **Altura total de muro**

Tabla IV-116. Determinación de altura de muro de concreto ciclópeo El Cristal

Altura de pila	2.50	m
Altura de losa de cimentación	0.3	m
At	2.80	m

Fuente: Elaboración propia

➤ **Esfuerzo efectivo**

Tabla IV-117. Cálculo del esfuerzo efectivo en el muro de concreto ciclópeo en El Cristal

CM losa superior	240	Kg/m
------------------	-----	------

Fuente: Elaboración propia

➤ **Presión neutra**

Tabla IV-118. Cálculo de la presión neutra del agua en el muro en El Cristal

En El punto C	0	Kg/m ²
En El punto B	2000	Kg/m

Fuente: Elaboración propia

Tabla IV-119. Momentos estabilizantes del muro en El Cristal

Momento estabilizante de muro							
Sección	Dimensión de muro		Áreas (m ²)	Densidad (Kg/m ³)	Peso (Kg/m)	Brazo (m)	Momento (Kg.m)
	Ancho (m)	Altura (m)					
1	0.4	2.5	1	2200	2200	0.8	1760
2	0.6	2.5	0.75	2200	1650	0.4	660
3					72	0.85	61.2
					3922		2481.2

Fuente: Elaboración propia

➤ Carga total

Tabla IV-120. Carga total en el muro de El Cristal

WT	3922.00	Kg/m
----	---------	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Momento activo del agua

Tabla IV-121. Momento activo del agua en el muro de El Cristal

Mpa	1333.333	Kg.m
-----	----------	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Factor contra volteo

Tabla IV-122. Factor contra volteo en el muro de El Cristal

Fsv	1.86	Fsv>1.5 ∴ Cumple
-----	------	------------------

Fuente: Elaboración propia

➤ Factor contra deslizamiento

Tabla IV-123. Factor contra deslizamiento en el muro de El Cristal

Fs	1.53	Fs>1.5 ∴ Cumple
----	------	-----------------

Fuente: Elaboración propia

➤ Factor de seguridad por capacidad de carga

Tabla IV-124. Factor de seguridad por capacidad de carga en el muro de El Cristal

e	0.01	No existe tensión en la punta del talón
Sx	0.06	m3
qMax	7190.33	qMax<20,000 ∴ Cumple

Fuente: Elaboración propia

- **Diseño de losa de piso**

9.9.1.3.1. Para comunidad El Guineo

Tabla IV-125. Datos para el diseño de losa de piso en El Guineo

Datos		
γ concreto ciclópeo	150	Lb/ft ³
F'c	3000	PSI
Fy	40000	PSI
Densidad del agua	62.43	Lb/ft ³
Ancho tributario	12	In
Φ	0.9	
Recubrimiento	3	In
Detalles de losa		
Ancho	16.40	Ft
Largo	19.03	Ft

Fuente: Elaboración propia

➤ Espesor de losa

Tabla IV-126. Espesor de losa de piso en El Guineo

h Min	4.72	In
h	11	In

Fuente: Elaboración propia

➤ Carga última

Tabla IV-127. Cálculo de carga última en losa de piso en El Guineo

CM Losa superior	50	Lb/Ft
CM Muro	1847.91	Lb/Ft
CM agua	409.63	Lb/Ft
CM Total	2307.54	Lb/Ft
CV	20.49	Lb/Ft
Wu	2801.83	Lb/Ft

Fuente: Elaboración propia

➤ Coeficiente de momento

Tabla IV-128. Coeficiente en losa de piso en El Guineo

M	1.16
---	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Momentos en losa

Tabla IV-129. Momentos en la losa de piso en El Guineo

Momento positivo	280045.4	Lb/In
Momento negativo	244160	Lb/In

Fuente: Elaboración propia

➤ Peralte efectivo de losa

Tabla IV-130. Peralte efectivo de la losa de piso en El Guineo

D	8	In
---	---	----

Fuente: Elaboración propia

➤ Acero

Tabla IV-131. Acero en la losa de piso en El Guineo

As1	0.97	In ²	As11>Asmin ∴ Cumple
a1	1.27	In ²	
As11	0.95	In ²	
Asmin	0.264	In ²	
Smax	22	In	

Varilla #10 @ 10 In

Fuente: Elaboración propia

➤ Cortante

Tabla IV-132. Revisión por cortante en la losa de piso en El Guineo

Vu	7731.23	Lb	Vc>Vu ∴ Cumple
Vc	8938.832	Lb	

Fuente: Elaboración propia

➤ Para comunidad El Cristal

Tabla IV-133. Datos para el diseño de losa de piso en El Cristal

Datos		
y' concreto ciclópeo	150	Lb/ft ³
F'c	3000	PSI
Fy	40000	PSI
Densidad del agua	62.43	Lb/ft ³
Ancho tributario	12	In
Φ	0.9	
Recubrimiento	3	In
Detalles de losa		
Ancho	15.42	Ft
Largo	18.7	Ft

Fuente: Elaboración propia

➤ Espesor de losa

Tabla IV-134. Espesor de losa de piso en El Cristal

h Min	4.55	In
H	10	In

Fuente: Elaboración propia

➤ Carga última

Tabla IV-135. Cálculo de carga última en losa de piso en El Cristal

CM Losa superior	50	Lb/Ft
CM Muro	1847.91	Lb/Ft
CM agua	409.63	Lb/Ft
CM Total	2307.54	Lb/Ft
CV	20.49	Lb/Ft
Wu	2801.83	Lb/Ft

Fuente: Elaboración propia

➤ Coeficiente de momento

Tabla IV-136. Coeficiente en losa de piso en El Cristal

M	1.21
---	------

Fuente: Elaboración propia

➤ Momentos en losa

Tabla IV-137. Momentos en la losa de piso en El Cristal

Momento positivo	270417.1	Lb/In
Momento negativo	215851.7	Lb/In

Fuente: Elaboración propia

➤ Peralte efectivo de losa

Tabla IV-138. Peralte efectivo de la losa de piso en El Cristal

D	7	ln
---	---	----

Fuente: Elaboración propia

➤ Acero

Tabla IV-139. Acero en la losa de piso en El Cristal

As1	1.07	ln ²	As11>Asmin ∴ Cumple
a1	1.4	ln ²	
As11	1.07	ln ²	
Asmin	0.24	ln ²	
Smax	20	ln	

Varilla #10 @ 10 ln

Fuente: Elaboración propia

Cortante

Tabla IV-140. Revisión por cortante en la losa de piso en El Cristal

Vu	7597.162	Lb	Vc>Vu ∴ Cumple
Vc	7821.478	Lb	

Fuente: Elaboración propia

4.12. Tratamiento

Todo cuerpo de agua ya sea un manantial o una fuente subterránea, presenta características físico-químicas y bacteriológicas que pueden sobrepasar los valores mínimos establecidos en la norma INAA para considerar el agua apta para el consumo humano.

En este caso, las aguas que se potabilizarán en comunidades El Guineo y El Cristal tienen un valor de sólidos totales y fecales mayor al mínimo establecido y están en el rango de desinfección por cloración. Para esto se propone la cloración al 1% con

hipoclorito de sodio al 5% en un hipoclorador continuo por goteo plástico con capacidad de 25 Gal que estará ubicado en la parte superior del tanque.

Así la proporción de agua y cloro en el hipoclorador es determinada con la ayuda de una tabla oficial de FISE, donde se encuentran detallados estos volúmenes.

Ilustración IV-4. Cantidades requeridas de hipoclorito de sodio e hipoclorito de calcio para mezcla de cloro al 1%

Para preparar mezcla de cloro al 1%	Cantidad Requerida de		
	Hipoclorito de Sodio		Hipoclorito de Calcio
	Al 5%	Al 10%	Al 65%
Litros	Litros	Litros	Gramos
20	5.0	2.2	308

Fuente: FISE

Para 20 L de agua, se requieren 5 L de hipoclorito de sodio al 5%.

4.12.1. Para comunidad El Guineo

Para determinar el peso del cloro a disolver en el tanque de cloración, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 30. Peso del cloro a disolver

$$P = \frac{D * Q * V}{q * \left(\frac{\% \text{ de producto}}{100}\right)}$$

$$P = \frac{1 \text{ mg/l} * 94.5 \text{ L/s} * 14,260 \text{ L}}{23.63 \text{ L/s} * \left(\frac{5}{100}\right)} = 1,140,558.61 \text{ mg}$$

Ahora, se calcula el tiempo de recarga:

Ecuación 31. Tiempo de recarga del cloro

$$t \text{ (días)} = \frac{V \text{ (L)}}{q \left(\frac{L}{h}\right) * 24h/d}$$

$$t \text{ (días)} = \frac{94.5 \text{ L}}{85,068 \left(\frac{L}{h}\right) * 8 h/d} = 1.39E^{-04} d$$

Donde:

D: Dosis de cloro a aplicar al agua en mg/l

Q: Caudal del agua a desinfectar en L/s

d: Concentración de cloro en solución clorada en L/s

q: Caudal de la solución clorada en (L/s)

V: Volumen del tanque clorador

%: Es la concentración del producto del cloro a utilizar

Así se determina que, se necesitan 5 L de hipoclorito de sodio por cada 20 L de agua. Es decir, 3,565 L de hipoclorito diarios para potabilizar el líquido, que equivalen a 1,140,558.61 mg diarios y tiempo de recarga de $1.39E^{-04}$ días.

4.12.2. Para comunidad El Cristal

Para determinar el peso del cloro a disolver en el tanque de cloración, se utiliza la *Ecuación 30*:

$$P = \frac{D * Q * V}{q * \left(\frac{\% \text{ de producto}}{100}\right)}$$
$$P = \frac{1 \text{ mg/l} * 94.5 \text{ L/s} * 12000 \text{ L}}{23.63 \text{ L/s} * \left(\frac{5}{100}\right)} = 959,796.87 \text{ mg}$$

Se determina el tiempo de recarga *Ecuación 31*:

$$t \text{ (días)} = \frac{V \text{ (L)}}{q \left(\frac{L}{h}\right) * 24h/d}$$
$$t \text{ (días)} = \frac{94.5 \text{ L}}{85,068 \left(\frac{L}{h}\right) * 8 h/d} = 1.39E^{-04} d$$

Donde:

D: Dosis de cloro a aplicar al agua en mg/l

Q: Caudal del agua a desinfectar en L/s

d: Concentración de cloro en solución clorada en L/s

q: Caudal de la solución clorada en (L/s)

V: Volumen del tanque clorador

%: Es la concentración del producto del cloro a utilizar

Concluyendo, se necesitan 5 L de hipoclorito de sodio por cada 20 L de agua. Es decir, 3,000 L de hipoclorito diarios para potabilizar el líquido, que equivalen a $959,796.87 \text{ mg}$ diarios y tiempo de recarga de $1.39E^{-04} \text{ días}$.

4.13. Red de distribución

Se diseñaron dos diferentes sistemas, por lo que se cuenta con el modelamiento hidráulico de dos redes de distribución.

La red de distribución de la comunidad El Cristal, se encuentra formada por mil seiscientos cincuenta y tres metros de tubería PVC SDR 26 de diámetro de 2" y 1 1/2", sirviendo al 100% de la población de la comunidad.

La red de distribución de la comunidad El Guineo, se encuentra formada por mil ochocientos setenta y siete metros de tubería PVC de diámetro de 2" y 1 1/2", sirviendo al 100% de la población de la comunidad.

4.13.1. Análisis hidráulico de la red

El análisis hidráulico de la red de distribución en ambas comunidades se realizó en base al tanque de almacenamiento, se consideraron escenarios establecidos por la norma NTON, bajo el esquema de operación: FUENTE- TANQUE- RED.

4.13.2. Resultados de la modelación hidráulica

- **Comunidad el Cristal**

Se diseñó con el consumo máxima hora (CMH) al final del periodo de diseño el cual dio el resultado de 1 l/s al año 2041.

- Con el uso del total de familias y el factor del consumo máximo total a 20 años se obtuvo un coeficiente de diseño para el cálculo de las demandas por el número de familias en el área de influencia del nodo.

- Demanda de los nodos con el consumo máximo hora

$$\frac{CMH}{\sum Families} = \frac{1\ lps}{78\ fam} = 0.0128\ lps/fam$$

Ilustración IV-6. Resultado en escenario de consumo máximo hora en la comunidad El Cristal

Nodo	N° Familias	Qnodo (l/s)
J-18	4	0.0512
J-12	4	0.0512
J-14	6	0.0768
J-16	4	0.0512
J-18	0	0.0000
J-8	1	0.0128
J-13	1	0.0128
J-19	10	0.1280
J-9	10	0.1280
J-11	5	0.0640
J-10	3	0.0384
J-20	12	0.1536
J-5	18	0.2304
SUMA	78	1.00

Fuente: Elaboración propia

- Consumo Promedio Diario

Demanda de los nodos con el consumo promedio diario

$$\frac{CPD}{\sum Familias} = \frac{0.63 \text{ lps}}{78 \text{ fam}} = 0.0081 \text{ lps/fam}$$

Ilustración IV-7. Resultado en escenario de consumo promedio diario en la comunidad El Cristal

Nodo	N° Familias	Qnodo (LPS)
J-18	4	0.0323
J-12	4	0.0323
J-14	6	0.0485
J-16	4	0.0323
J-18	0	0.0000
J-8	1	0.0081
J-13	1	0.0081
J-19	10	0.0808
J-9	10	0.0808
J-11	5	0.0404
J-10	3	0.0242
J-20	12	0.0969
J-5	18	0.1454
SUMA	78	0.63

Fuente: Elaboración propia

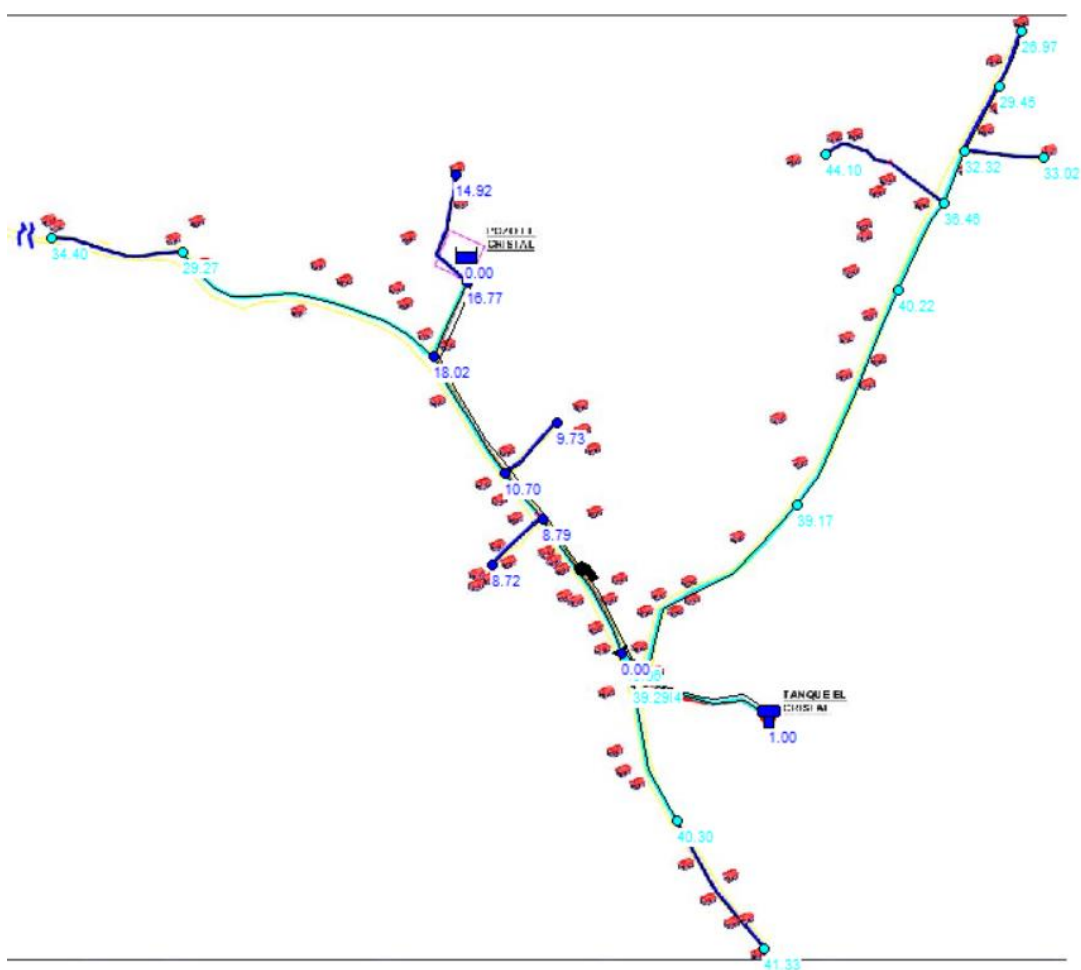
➤ Resultados del software

En las simulaciones del sistema de la red de abastecimiento de agua potable se utilizó el software EPANET, donde se proyectó el diseño para obtener las presiones, velocidades, diámetros, válvulas (Rompe presión, de compuerta, de aire y de limpieza), y almacenamiento del sistema. Estas simulaciones están representadas de acuerdo a las condiciones topográficas de la comunidad tomando en cuenta varios nodos con sus diferentes demandas según corresponda a cada uno.

➤ **Consumo Máxima Hora**

- Presiones en los nodos

Ilustración IV-8. Análisis de presiones con consumo máxima hora en la red de distribución de El Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-9. Presiones para las condiciones consumo máxima hora en la red de distribución en El Cristal

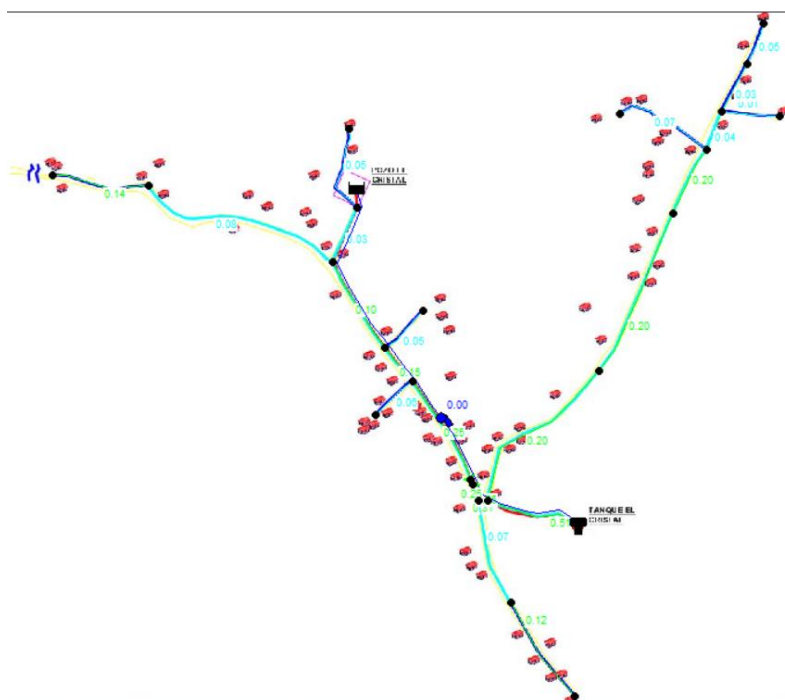
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Demanda LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	764.70	0	0.00	802.84	38.14	0.00
Conexión 3	763.53	0	0.00	802.82	39.29	0.00
Conexión 4	762.51	0	0.00	802.81	40.30	0.00
Conexión 5	761.43	0.1280	0.13	802.76	41.33	0.00
Conexión 6	763.54	0	0.00	802.71	39.17	0.00
Conexión 7	762.36	0	0.00	802.58	40.22	0.00
Conexión 8	766.00	0.2304	0.23	802.46	36.46	0.00
Conexión 9	758.34	0.0768	0.08	802.44	44.10	0.00
Conexión 10	770.14	0.0128	0.01	802.46	32.32	0.00
Conexión 11	769.44	0.0128	0.01	802.46	33.02	0.00
Conexión 12	775.48	0.0512	0.05	802.45	26.97	0.00
Conexión 13	753.19	0.1280	0.13	761.98	8.79	0.00
Conexión 14	753.25	0.0640	0.06	761.97	8.72	0.00
Conexión 15	751.25	0.0384	0.04	761.95	10.70	0.00
Conexión 16	752.22	0.0512	0.05	761.95	9.73	0.00
Conexión 17	743.91	0	0.00	761.93	18.02	0.00
Conexión 18	745.15	0	0.00	761.92	16.77	0.00
Conexión 19	747.00	0.0512	0.05	761.92	14.92	0.00
Conexión 20	732.62	0	0.00	761.89	29.27	0.00
Conexión 21	727.43	0.1536	0.15	761.83	34.40	0.00
Conexión 22	762.14	0	0.00	802.80	40.66	0.00
Conexión 23	762.14	0	0.00	762.14	0.00	0.00
Conexión 24	773.01	0	0.00	802.46	29.45	0.00

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de $44.1 < 50.0$ mca y la mínima de $8.72 > 5.00$ mca.

- Velocidades en las Tuberías

Ilustración IV-10. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima hora de El Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-11. Velocidades para las condiciones de consumo máxima hora en la red de distribución en El Cristal

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 1	84.90	50	150	1.00	0.51	6.00
Tubería 2	7.50	50	150	0.61	0.31	2.40
Tubería 3	94.43	50	150	0.13	0.07	0.10
Tubería 4	99.21	37.5	150	0.13	0.12	0.50
Tubería 5	127.49	50	150	0.38	0.20	1.00
Tubería 6	130.16	50	150	0.38	0.20	1.00
Tubería 7	114.82	50	150	0.38	0.20	1.00
Tubería 8	89.05	37.5	150	0.08	0.07	0.20
Tubería 9	36.28	50	150	0.08	0.04	0.00
Tubería 10	51.15	37.5	150	0.01	0.01	0.00
Tubería 11	45.04	50	150	0.05	0.03	0.00
Tubería 12	17.16	50	150	0.49	0.25	1.50
Tubería 13	102.84	50	150	0.49	0.25	1.50
Tubería 14	44.38	37.5	150	0.06	0.06	0.10
Tubería 15	37.62	50	150	0.29	0.15	0.60
Tubería 16	47.45	37.5	150	0.05	0.05	0.10
Tubería 17	87.83	50	150	0.20	0.10	0.30
Tubería 18	52	50	150	0.05	0.03	0.00
Tubería 19	78.27	37.5	150	0.05	0.05	0.10
Tubería 20	182.98	50	150	0.15	0.08	0.10
Tubería 21	84.12	37.5	150	0.15	0.14	0.70
Tubería 23	38.85	37.5	150	0.05	0.05	0.10

Fuente: Elaboración propia

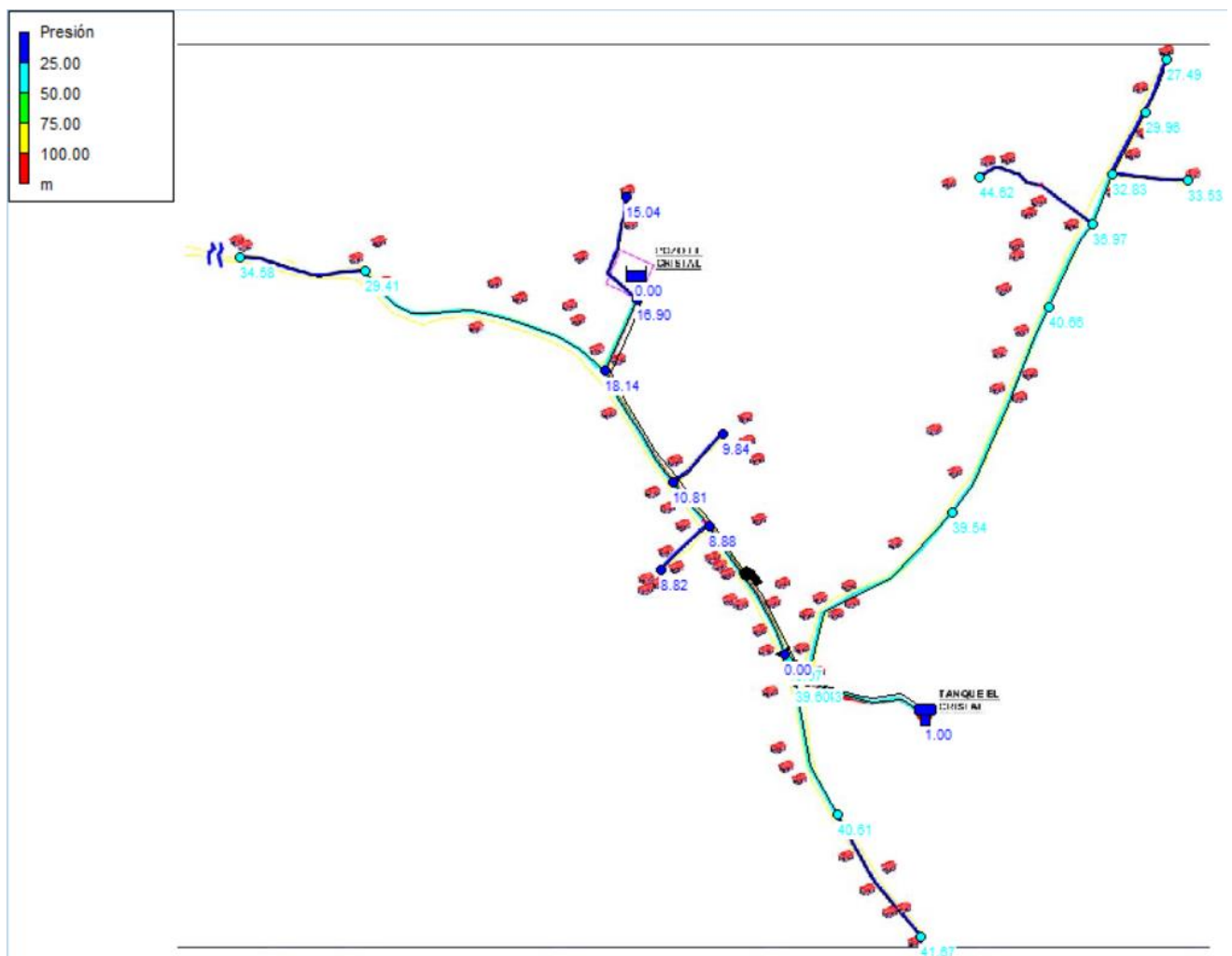
En cuanto a las velocidades en la mayoría de los tramos son menores a 0.4 m/s, esto debido a que el caudal que pasa por estos tramos es relativamente pequeño.

La red se dotará de válvulas de limpieza en los puntos más bajos, para cumplir con el mantenimiento que sea necesario y así evitar erosión dentro de las mismas provocadas por las velocidades bajas dentro de la misma.

➤ **Consumo Máximo Día**

- Presiones en los nodos

Ilustración IV-12. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-13. Presiones para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Cristal

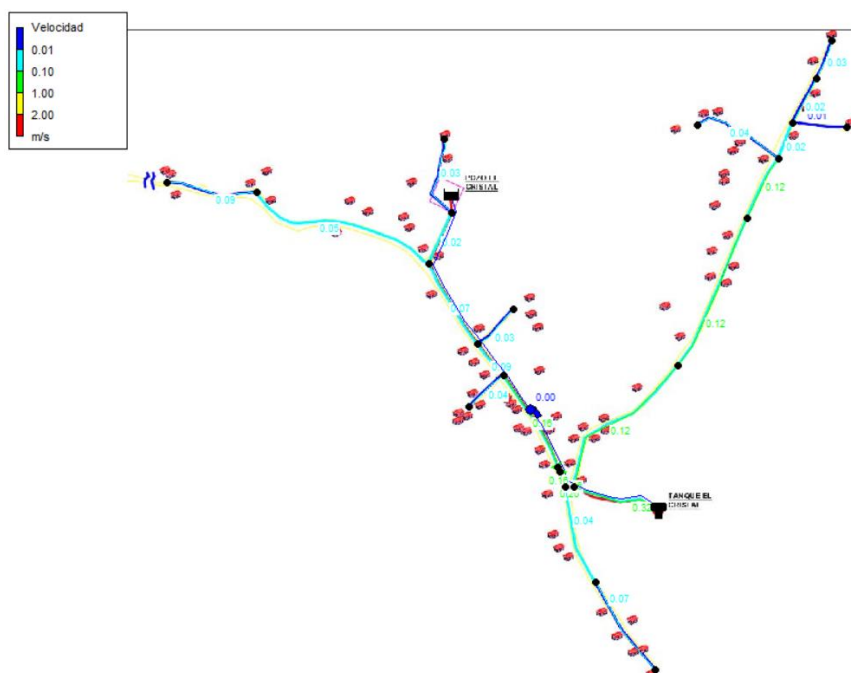
ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	764.70	0	803.13	38.43	0.00
Conexión 3	763.53	0	803.13	39.60	0.00
Conexión 4	762.51	0	803.12	40.61	0.00
Conexión 5	761.43	0.0808	803.10	41.67	0.00
Conexión 6	763.54	0	803.08	39.54	0.00
Conexión 7	762.36	0	803.02	40.66	0.00
Conexión 8	766.00	0.1454	802.97	36.97	0.00
Conexión 9	758.34	0.0485	802.9	44.62	0.00
Conexión 10	770.14	0.0081	802.97	32.83	0.00
Conexión 11	769.44	0.0081	802.97	33.53	0.00
Conexión 12	775.48	0.0323	802.97	27.49	0.00
Conexión 13	753.19	0.0808	762.07	8.88	0.00
Conexión 14	753.25	0.0404	762.07	8.82	0.00
Conexión 15	751.25	0.0242	762.06	10.81	0.00
Conexión 16	752.22	0.0323	762.06	9.84	0.00
Conexión 17	743.91	0	762.05	18.14	0.00
Conexión 18	745.15	0	762.05	16.90	0.00
Conexión 19	747.00	0.0323	762.04	15.04	0.00
Conexión 20	732.62	0	762.03	29.41	0.00
Conexión 21	727.43	0.0969	762.01	34.58	0.00
Conexión 22	762.14	0	803.11	40.97	0.00
Conexión 23	762.14	0	762.14	0.00	0.00
Conexión 24	773.01	0	802.97	29.96	0.00

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de $44.62 < 50.0$ mca y la mínima de $8.82 > 5.00$ mca.

- Velocidades en las Tuberías

Ilustración IV-14. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima día de El Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-15. Velocidades para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Cristal

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 1	84.90	50	150	0.63	0.32	2.56
Tubería 2	7.50	50	150	0.39	0.20	1.04
Tubería 3	94.43	50	150	0.08	0.04	0.06
Tubería 4	99.21	37.5	150	0.08	0.07	0.23
Tubería 5	127.49	50	150	0.24	0.12	0.44
Tubería 6	130.16	50	150	0.24	0.12	0.44
Tubería 7	114.82	50	150	0.24	0.12	0.44
Tubería 8	89.05	37.5	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 9	36.28	50	150	0.05	0.02	0.02
Tubería 10	51.15	37.5	150	0.01	0.01	0.00
Tubería 11	45.04	50	150	0.03	0.02	0.01
Tubería 12	17.16	50	150	0.31	0.16	0.67
Tubería 13	102.84	50	150	0.31	0.16	0.67
Tubería 14	44.38	37.5	150	0.04	0.04	0.06
Tubería 15	37.62	50	150	0.19	0.09	0.27
Tubería 16	47.45	37.5	150	0.03	0.03	0.04
Tubería 17	87.83	50	150	0.13	0.07	0.14
Tubería 18	52	50	150	0.03	0.02	0.01
Tubería 19	78.27	37.5	150	0.03	0.03	0.04
Tubería 20	182.98	50	150	0.10	0.05	0.08
Tubería 21	84.12	37.5	150	0.10	0.09	0.32
Tubería 23	38.85	37.5	150	0.03	0.03	0.04

Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-17. Presiones para las condiciones demanda cero en la red de distribución en El Cristal

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	764.70	0	803.35	38.65	0.00
Conexión 3	763.53	0	803.35	39.82	0.00
Conexión 4	762.51	0	803.35	40.84	0.00
Conexión 5	761.43	0	803.35	41.92	0.00
Conexión 6	763.54	0	803.35	39.81	0.00
Conexión 7	762.36	0	803.35	40.99	0.00
Conexión 8	766.00	0	803.35	37.35	0.00
Conexión 9	758.34	0	803.35	45.01	0.00
Conexión 10	770.14	0	803.35	33.21	0.00
Conexión 11	769.44	0	803.35	33.91	0.00
Conexión 12	775.48	0	803.35	27.87	0.00
Conexión 13	753.19	0	762.14	8.95	0.00
Conexión 14	753.25	0	762.14	8.89	0.00
Conexión 15	751.25	0	762.14	10.89	0.00
Conexión 16	752.22	0	762.14	9.92	0.00
Conexión 17	743.91	0	762.14	18.23	0.00
Conexión 18	745.15	0	762.14	16.99	0.00
Conexión 19	747.00	0	762.14	15.14	0.00
Conexión 20	732.62	0	762.14	29.52	0.00
Conexión 21	727.43	0	762.14	34.71	0.00
Conexión 22	762.14	0	803.35	41.21	0.00
Conexión 23	762.14	0	762.14	0.00	0.00
Conexión 24	773.01	0	803.35	30.34	0.00

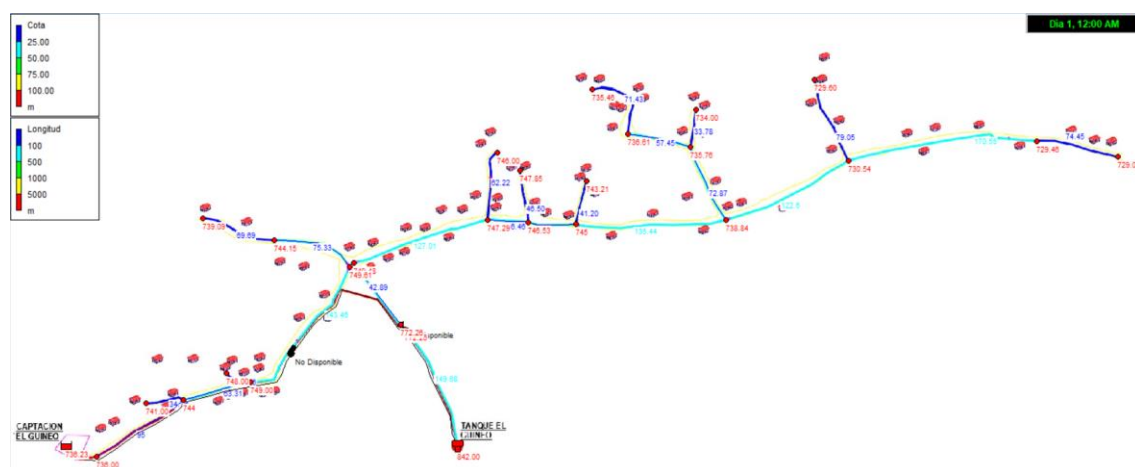
Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de $45.01 < 50.0$ mca y la mínima de $8.89 > 5.00$ mca.

➤ Comunidad el Guineo

Se diseña con el consumo máxima hora (CMH) al final del periodo de diseño el cual dio el resultado de 1.17 l/s al año 2041.

Ilustración IV-18. Análisis de presiones con consumo máxima hora en la red de distribución de El Guineo



Fuente: Elaboración propia

- Demanda de los nodos

Con el uso del total de familias y el factor del consumo máximo total a 20 años se obtuvo un coeficiente de diseño para el cálculo de las demandas por el número de familias en el área de influencia del nodo.

- Consumo Máxima Hora

Demanda de los nodos con el consumo promedio diario

$$\frac{CMH}{\sum Familias} = \frac{1.17 \text{ lps}}{76 \text{ fam}} = 0.0154 \text{ lps/fam}$$

Ilustración IV-19. Resultado en escenario de consumo máximo hora en la comunidad El Guineo

Nodo	N° Familias	Qnodo (LPS)
J-22	3	0.0462
J-11	2	0.0308
J-10	3	0.0462
J-8	5	0.0770
J-7	4	0.0616
J-24	5	0.0770
J-14	9	0.1386
J-18	5	0.0770
J-16	3	0.0462
J-9	2	0.0308
J-15	3	0.0462
J-19	3	0.0462
J-12	3	0.0462
J-13	4	0.0616
J-17	7	0.1078
J-20	2	0.0308
J-21	5	0.0770
J-26	8	0.1232
SUMA	76.00	1.17

Fuente: Elaboración propia

- Consumo Promedio Diario

Demanda de los nodos con el consumo promedio diario

Ecuación 33. Consumo promedio diario

$$\frac{CPD}{\sum Familias} = \frac{0.74 \text{ lps}}{78 \text{ fam}} = 0.0097 \text{ lps/fam}$$

Ilustración IV-20. Resultado en escenario de consumo promedio diario en la comunidad El Guineo

Nodo	N° Familias	Qnodo (LPS)
J-22	3	0.0291
J-11	2	0.0194
J-10	3	0.0291
J-8	5	0.0485
J-7	4	0.0388
J-24	5	0.0485
J-14	9	0.0873
J-18	5	0.0485
J-16	3	0.0291
J-9	2	0.0194
J-15	3	0.0291
J-19	3	0.0291
J-12	3	0.0291
J-13	4	0.0388
J-17	7	0.0679
J-20	2	0.0194
J-21	5	0.0485
J-26	8	0.0776
SUMA	76.00	0.74

Fuente: Elaboración propia

➤ Resultados del software

Al igual que en el modelado de la red en la comunidad El Cristal, se utilizó el software EPANET, donde se proyectó el diseño para obtener las presiones, velocidades, diámetros, válvulas (Rompe presión, de compuerta, de aire y de limpieza), y almacenamiento del sistema.

Estas simulaciones están representadas de acuerdo a las condiciones topográficas de la comunidad tomando en cuenta varios nodos con sus diferentes demandas según corresponda a cada uno.

Consumo Máxima Hora

- Ilustración IV-21. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Guineo*



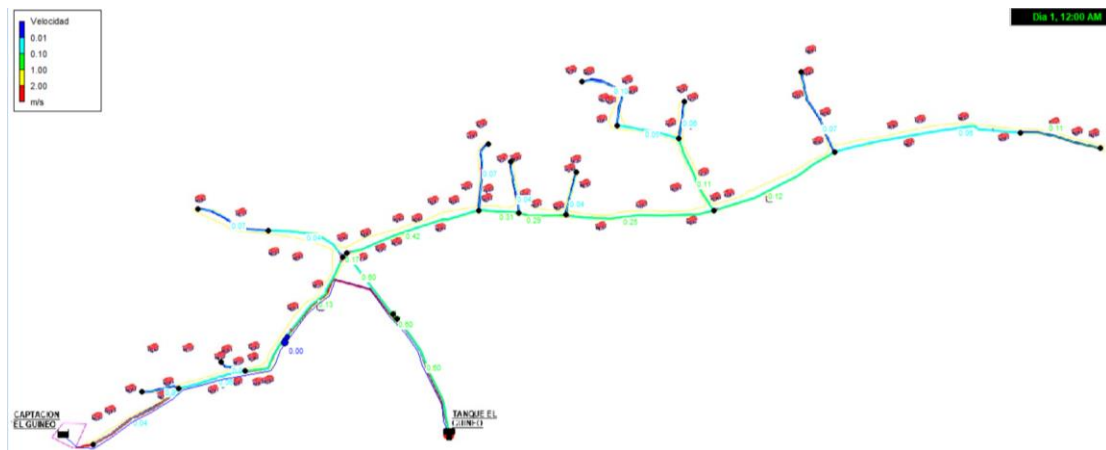
Ilustración IV-22. Presiones para las condiciones consumo máxima hora en la red de distribución en El Guineo

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de $41.86 < 50.0$ mca y la mínima de $22.30 > 5.00$ mca.

- Velocidades en las Tuberías

Ilustración IV-23. Análisis de velocidad en la red de distribución con consumo máxima hora de El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-24. Velocidades para las condiciones de consumo máxima hora en la red de distribución en El Guineo

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 2	149.68	50	150	1.17	0.60	8.05
Tubería 3	42.89	50	150	1.17	0.60	8.05
Tubería 4	4.69	50	150	0.34	0.17	0.83
Tubería 5	143.46	50	150	0.26	0.13	0.50
Tubería 6	24.76	37.5	150	0.08	0.07	0.21
Tubería 7	63.31	50	150	0.12	0.06	0.12
Tubería 8	34.79	37.5	150	0.03	0.03	0.04
Tubería 9	95	37.5	150	0.05	0.04	0.08
Tubería 10	75.33	50	150	0.08	0.04	0.05
Tubería 11	69.69	37.5	150	0.08	0.07	0.21
Tubería 12	127.01	50	150	0.83	0.42	4.28
Tubería 13	62.22	37.5	150	0.08	0.07	0.21
Tubería 14	36.46	50	150	0.62	0.31	2.45
Tubería 15	46.50	37.5	150	0.05	0.04	0.08
Tubería 16	42.8	50	150	0.57	0.29	2.12
Tubería 17	41.20	37.5	150	0.05	0.04	0.08
Tubería 18	135.44	50	150	0.49	0.25	1.62
Tubería 19	72.87	50	150	0.22	0.11	0.35
Tubería 20	33.78	37.5	150	0.06	0.06	0.14
Tubería 21	57.45	50	150	0.11	0.05	0.10
Tubería 22	71.43	37.5	150	0.11	0.10	0.39
Tubería 23	122.6	50	150	0.23	0.12	0.40
Tubería 24	79.05	37.5	150	0.08	0.07	0.21
Tubería 25	170.55	50	150	0.12	0.06	0.12
Tubería 26	74.45	37.5	150	0.12	0.11	0.51

Fuente: Elaboración propia

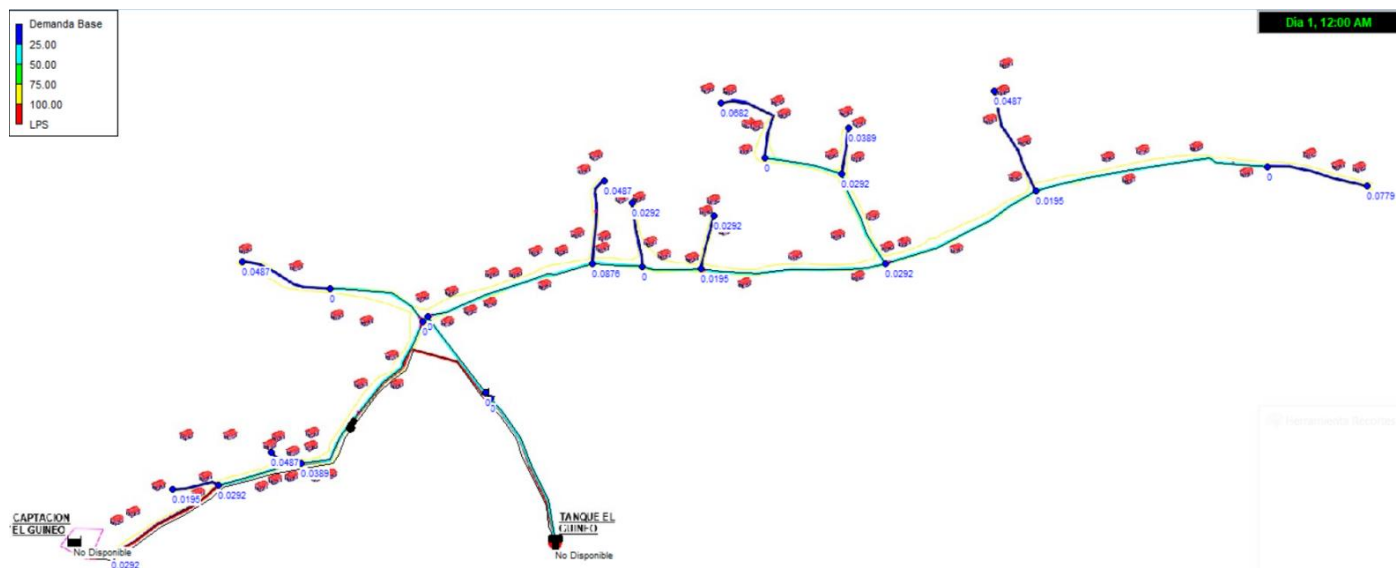
En cuanto a las velocidades en la mayoría de los tramos son menores a 0.4 m/s, al igual que en el caso anterior, esto debido al caudal relativamente bajo con el que se está diseñando la red.

Se utilizarán diámetros de 2" hasta 1 ½", este último, en tramos menores a cien metros y donde se evaluó que la densidad poblacional no aumentará con el pasar de los años, con el fin de aumentar la velocidad dentro de la tubería, y así mejorar la calidad del funcionamiento del sistema, además de ubicar válvulas de limpieza en los puntos más bajos de la red para cumplir con el mantenimiento que sea necesario y así evitar erosión dentro de las mismas.

➤ Consumo Máximo Día

- Presiones en los nodos

Ilustración IV-25. Análisis de presiones en la red con el consumo máximo día en la comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-26. Presiones para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Guineo

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	772.26	0	842.48	70.22	0.00
Conexión 3	772.26	0	772.26	0.00	0.00
Conexión 4	749.48	0	772.11	22.63	0.00
Conexión 5	749.61	0	772.11	22.50	0.00
Conexión 6	749.00	0.0389	772.08	23.08	0.00
Conexión 7	748.00	0.0487	772.08	24.08	0.00
Conexión 8	744	0.0292	772.08	28.08	0.00
Conexión 9	741.00	0.0195	772.08	31.08	0.00
Conexión 10	736.00	0.0292	772.07	36.07	0.00
Conexión 11	744.15	0	772.11	27.96	0.00
Conexión 12	739.09	0.0487	772.10	33.01	0.00
Conexión 13	747.29	0.0876	771.88	24.59	0.00
Conexión 14	746.00	0.0487	771.87	25.87	0.00
Conexión 15	746.53	0	771.84	25.31	0.00
Conexión 16	747.85	0.0292	771.84	23.99	0.00
Conexión 17	745	0.0195	771.80	26.80	0.00
Conexión 18	743.21	0.0292	771.80	28.59	0.00
Conexión 19	738.84	0.0292	771.71	32.87	0.00
Conexión 20	735.76	0.0292	771.70	35.94	0.00
Conexión 21	734.00	0.0389	771.70	37.70	0.00
Conexión 22	736.61	0	771.70	35.09	0.00
Conexión 23	735.46	0.0682	771.68	36.22	0.00
Conexión 24	730.54	0.0195	771.69	41.15	0.00
Conexión 25	729.60	0.0487	771.68	42.08	0.00
Conexión 26	729.46	0	771.68	42.22	0.00
Conexión 27	729.00	0.0779	771.65	42.66	0.00

Fuente: Elaboración propia

- Velocidades en las Tuberías

Velocidad

- 0.01
- 0.10
- 1.00
- 2.00
- m/s

0 100

CAPTACION EL GUINCHO

TANQUE EL GUINCHO

Día 1, 12:00 AM

125

Ilustración IV-28. Velocidades para las condiciones de consumo máximo día en la red de distribución en El Guineo

ID Línea	Longitud m	Diámetro mm	Rugosidad	Caudal LPS	Velocidad m/s	Pérd. Unit. m/km
Tubería 2	149.68	50	150	0.74	0.38	3.44
Tubería 3	42.89	50	150	0.74	0.38	3.44
Tubería 4	4.69	50	150	0.21	0.11	0.35
Tubería 5	143.46	50	150	0.17	0.08	0.21
Tubería 6	24.76	37.5	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 7	63.31	50	150	0.08	0.04	0.05
Tubería 8	34.79	37.5	150	0.02	0.02	0.02
Tubería 9	95	37.5	150	0.03	0.03	0.04
Tubería 10	75.33	50	150	0.05	0.02	0.02
Tubería 11	69.69	37.5	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 12	127.01	50	150	0.53	0.27	1.83
Tubería 13	62.22	37.5	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 14	36.46	50	150	0.39	0.20	1.05
Tubería 15	46.50	37.5	150	0.03	0.03	0.04
Tubería 16	42.8	50	150	0.36	0.18	0.91
Tubería 17	41.20	37.5	150	0.03	0.03	0.03
Tubería 18	135.44	50	150	0.31	0.16	0.69
Tubería 19	72.87	50	150	0.14	0.07	0.15
Tubería 20	33.78	37.5	150	0.04	0.04	0.06
Tubería 21	57.45	50	150	0.07	0.03	0.04
Tubería 22	71.43	37.5	150	0.07	0.06	0.17
Tubería 23	122.6	50	150	0.15	0.07	0.17
Tubería 24	79.05	37.5	150	0.05	0.04	0.09
Tubería 25	170.55	50	150	0.08	0.04	0.05
Tubería 26	74.45	37.5	150	0.08	0.07	0.22

Fuente: Elaboración propia

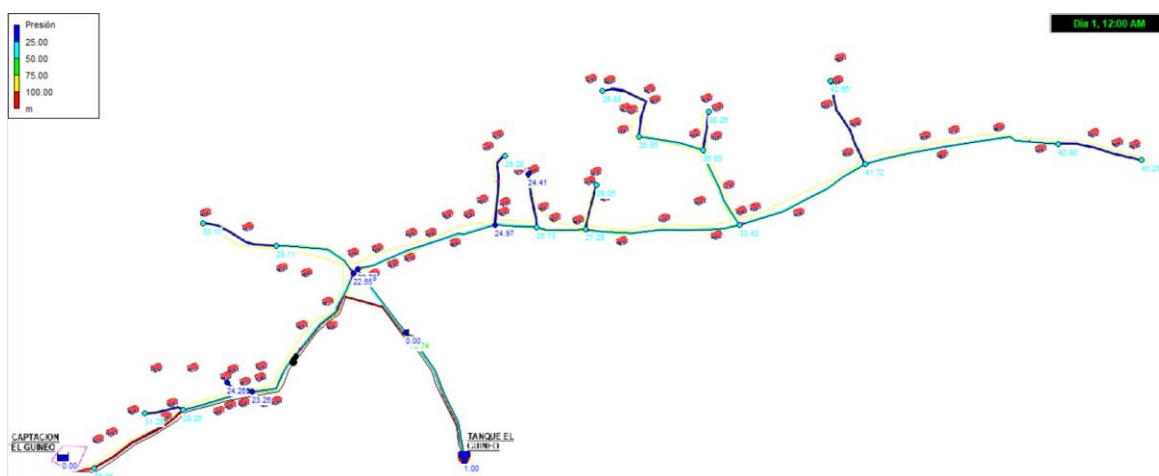
En cuanto a las velocidades en la mayoría de los tramos son menores a 0.4 m/s, esto debido a que el caudal que pasa por estos tramos es relativamente pequeño.

La red está dotada de accesorios con los cuales se realizarán mantenimientos con el fin de evitar erosión dentro de las tuberías provocadas por el arrastre de sedimentos.

➤ Demanda Cero

- Presiones en los nodos

Ilustración IV-29. Análisis de presiones en la red cuando la demanda es cero en la comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-30. Presiones para las condiciones demanda cero en la red de distribución en El Guineo

ID Nudo	Cota m	Demanda Base LPS	Altura m	Presión m	Calidad
Conexión 2	772.26	0	843.00	70.74	0.00
Conexión 3	772.26	0	772.26	0.00	0.00
Conexión 4	749.48	0	772.26	22.78	0.00
Conexión 5	749.61	0	772.26	22.65	0.00
Conexión 6	749.00	0	772.26	23.26	0.00
Conexión 7	748.00	0	772.26	24.26	0.00
Conexión 8	744	0	772.26	28.26	0.00
Conexión 9	741.00	0	772.26	31.26	0.00
Conexión 10	736.00	0	772.26	36.26	0.00
Conexión 11	744.15	0	772.26	28.11	0.00
Conexión 12	739.09	0	772.26	33.17	0.00
Conexión 13	747.29	0	772.26	24.97	0.00
Conexión 14	746.00	0	772.26	26.26	0.00
Conexión 15	746.53	0	772.26	25.73	0.00
Conexión 16	747.85	0	772.26	24.41	0.00
Conexión 17	745	0	772.26	27.26	0.00
Conexión 18	743.21	0	772.26	29.05	0.00
Conexión 19	738.84	0	772.26	33.42	0.00
Conexión 20	735.76	0	772.26	36.50	0.00
Conexión 21	734.00	0	772.26	38.26	0.00
Conexión 22	736.61	0	772.26	35.65	0.00
Conexión 23	735.46	0	772.26	36.80	0.00
Conexión 24	730.54	0	772.26	41.72	0.00
Conexión 25	729.60	0	772.26	42.66	0.00
Conexión 26	729.46	0	772.26	42.80	0.00
Conexión 27	729.00	0	772.26	43.26	0.00

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados arrojados por EPANET para la condición más crítica de consumo, las presiones en la red se encuentran por debajo de la presión máxima permisible por el INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3), que es de 43.26 mca < 50.0 mca y la mínima de 22.65 mca > 5.00 mca.

4.13.3. Cantidad y tipo de tuberías en la red

Para ambas redes se seleccionó tubería PVC SDR 26, de diámetros comprendidos desde 2" hasta 1 1/2", divididas de la siguiente manera:

Ilustración IV-31. Cantidad y tipo de tubería en la red de distribución de El Cristal

Comunidad:		EL CRISTAL	
TRAMO	Diametros (plg)		Longitud (m)
	2"	1 1/2"	
1-24	1121.05	532.48	1653.53

Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-32. Cantidad y tipo de tubería en la red de distribución de El Guineo

Comunidad:		EL GUINEO	
TRAMO	Diametros (plg)		Longitud (m)
	2"	1 1/2"	
1-31	1210.76	666.65	1877.41

Fuente: Elaboración propia

4.13.4. Accesorios dentro de la red

La red estará dotada de válvula reguladora de presión, válvulas de aire, válvulas de limpieza y válvulas de compuerta con el fin de garantizar un correcto y efectivo funcionamiento de la red.

En ambas redes se contará con dos válvulas reguladoras de presión, con el fin de cumplir con lo especificado en la normativa del INAA (NTON 09002 – 99, numeral 4.3). Estas estarán en las siguientes ubicaciones:

Ilustración IV-33. Válvulas reguladoras de presión en las redes de distribución

Valvula Reguladora de Presion			
Tramo	EST	Diametro	Comunidad
1-15	0+109.56	2"	El Cristal
1-10	0+119.76	2"	El Guineo

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detallan las cantidades de válvulas (limpieza, aire, compuerta) en cada red:

Ilustración IV-34. Resumen de válvulas en las redes de distribución

Cantidad de valvulas por sistema						
Comunidad:	Limpieza	8	Aire	5	Compuerta	9
	2"	1 1/2"	2"	1 1/2"	2"	1 1/2"
CRISTAL	3	1	1	1	4	-
GUINEO	0	4	1	2	4	1
Total	3	5	2	3	8	1

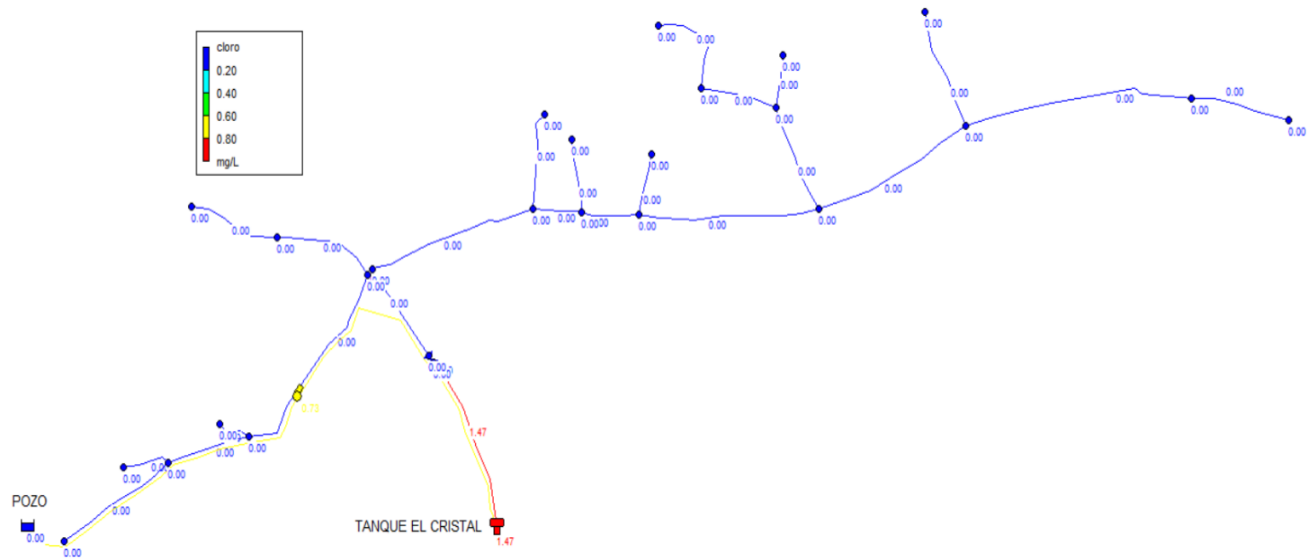
Fuente: Elaboración propia

4.13.5. Análisis de cloro residual

Los resultados del cloro residual implementados en la red de distribución del sistema del agua potable indican la cantidad de cloro en mg/l que distribuye el flujo del agua a cada nodo de consumo, en donde observamos la cantidad de cloro que contiene el líquido durante 1 hora de bombeo, la cantidad de cloro en 6 horas de bombeo, la cantidad de cloro en 12 horas de bombeo y siendo este el tiempo establecido para que el sistema trabaje en bombeo constante, por último se realizó una simulación de 4 horas después de que el sistema deje de funcionar por bombeo para conocer la cantidad de cloro residual que se mantiene fluyendo en la red de distribución, este se puede observar.

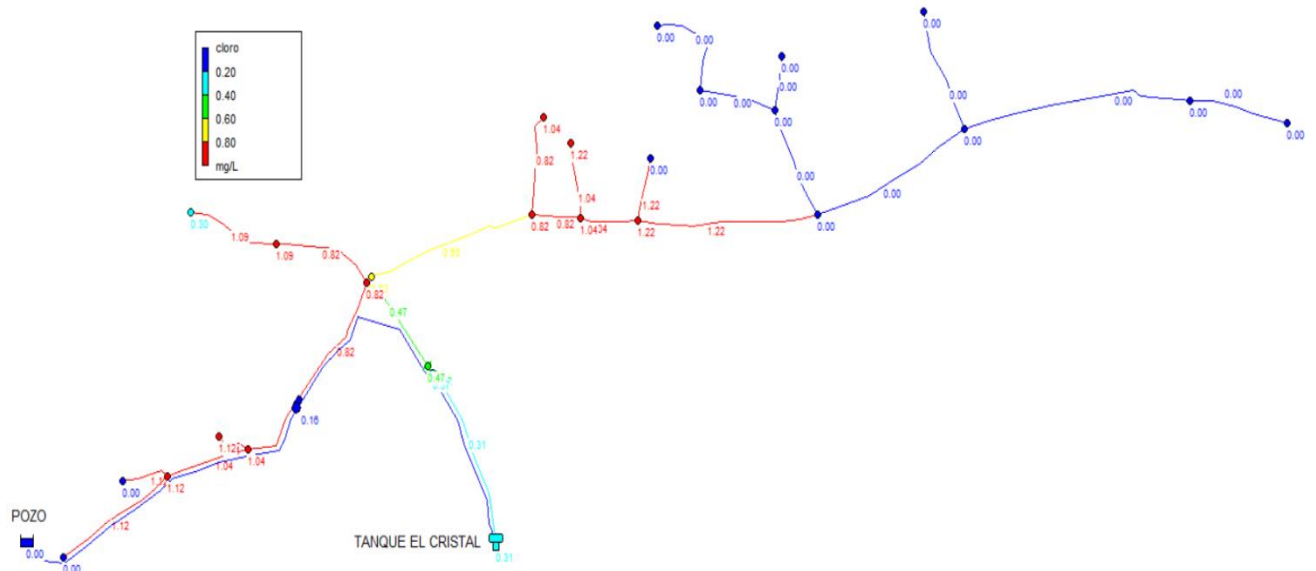
- **Comunidad el Guineo**

Ilustración IV-35. Cloro residual que contiene el agua durante una hora de bombeo el Guineo



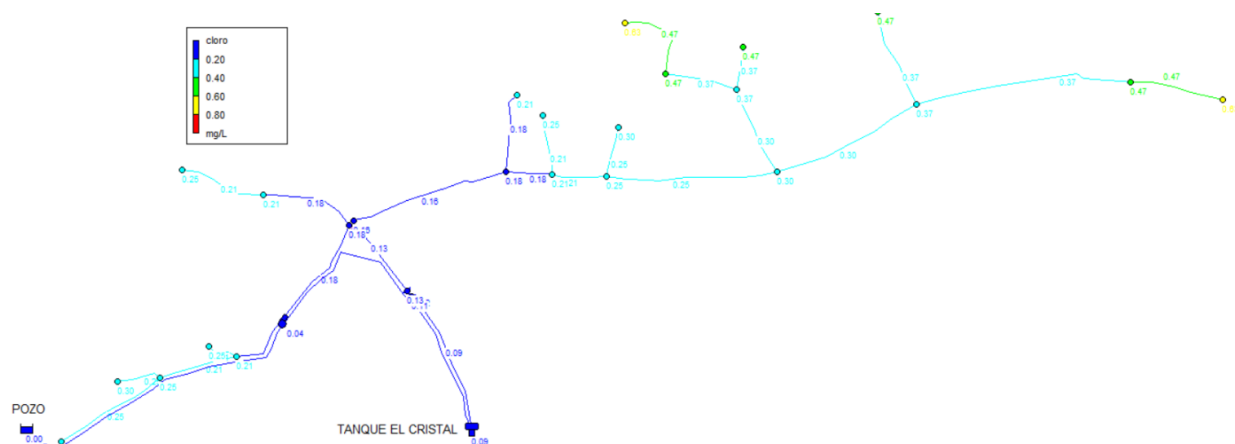
Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-36. Cloro residual que contiene el agua durante seis horas de bombeo el Guineo



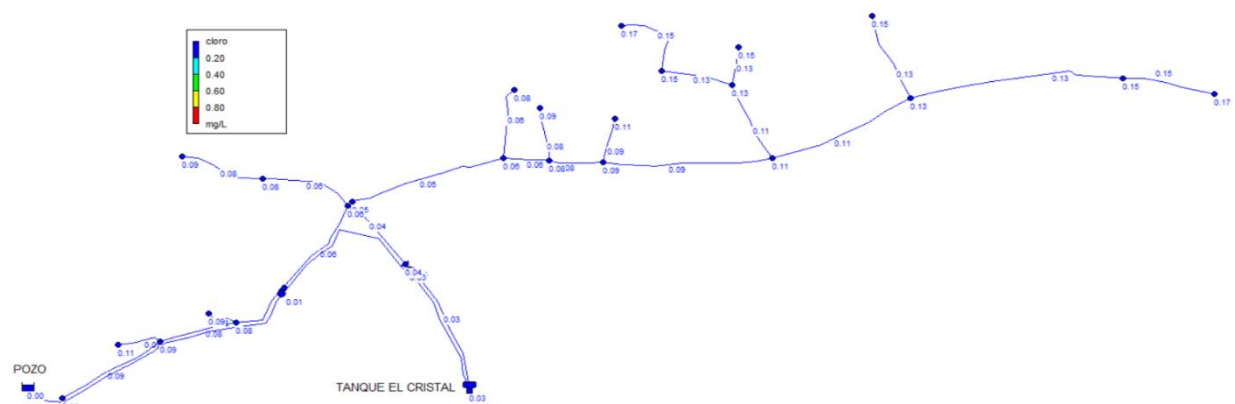
Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-37. Cloro residual que contiene el agua durante doce horas de bombeo el Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-38. Cloro residual que contiene el agua cuatro horas después de terminar el bombeo el Guineo

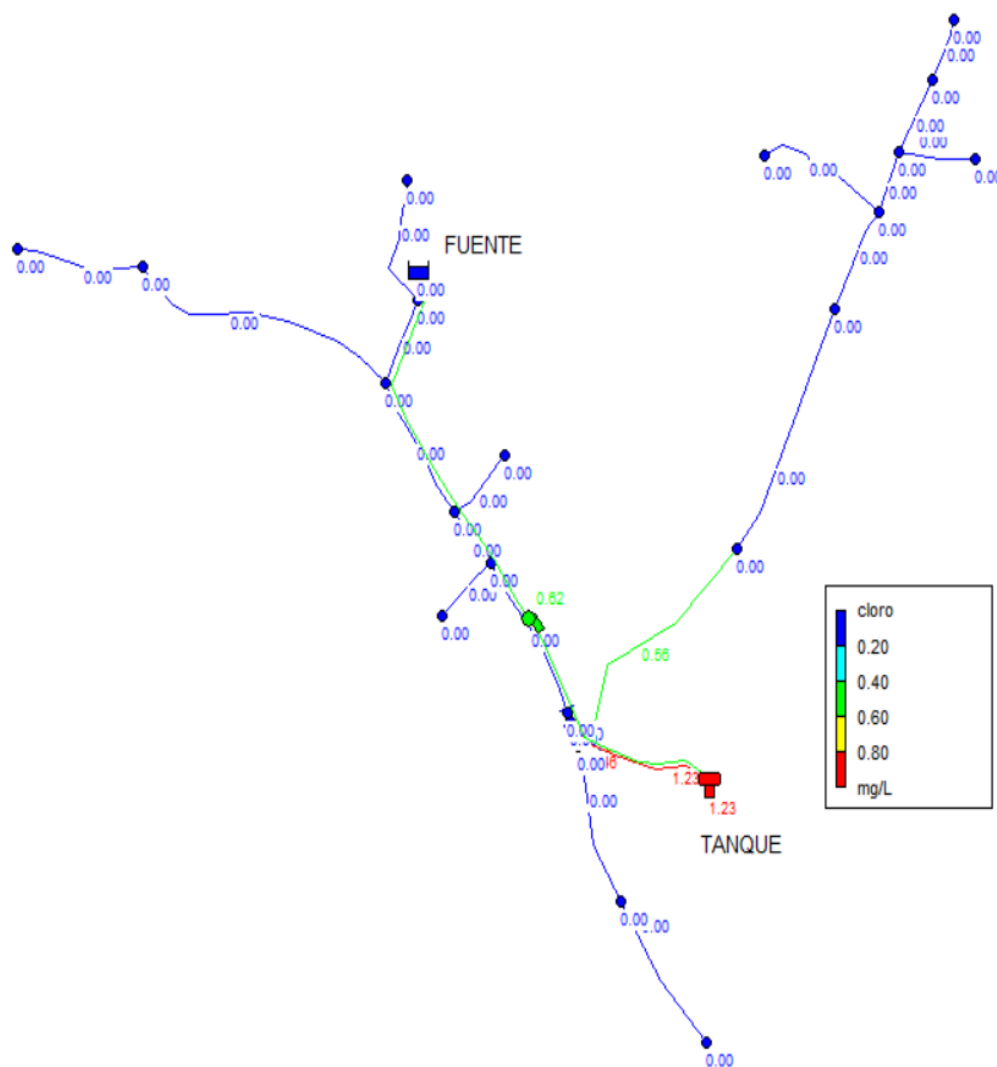


Fuente: Elaboración propia

Según (CAPRE, 1994, pág. 13) en parámetros físico-químicos, establece que el valor de cloro residual recomendado en mg/l es de 0.5 a 1. En la simulación de cloro residual obtenidos mediante el software EPANET el valor de cloro residual a las 12 horas de bombeo en los puntos más alejados de la red oscila entre de 0.25 - 0.63 mg/l el cual no se adecua por completo al valor recomendado; no obstante citando (INAA, 1999, pág. 99) plantea: “La concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/L después del período de contacto antes señalado”, siendo este periodo de 30 min antes que llegue al primer consumidor.

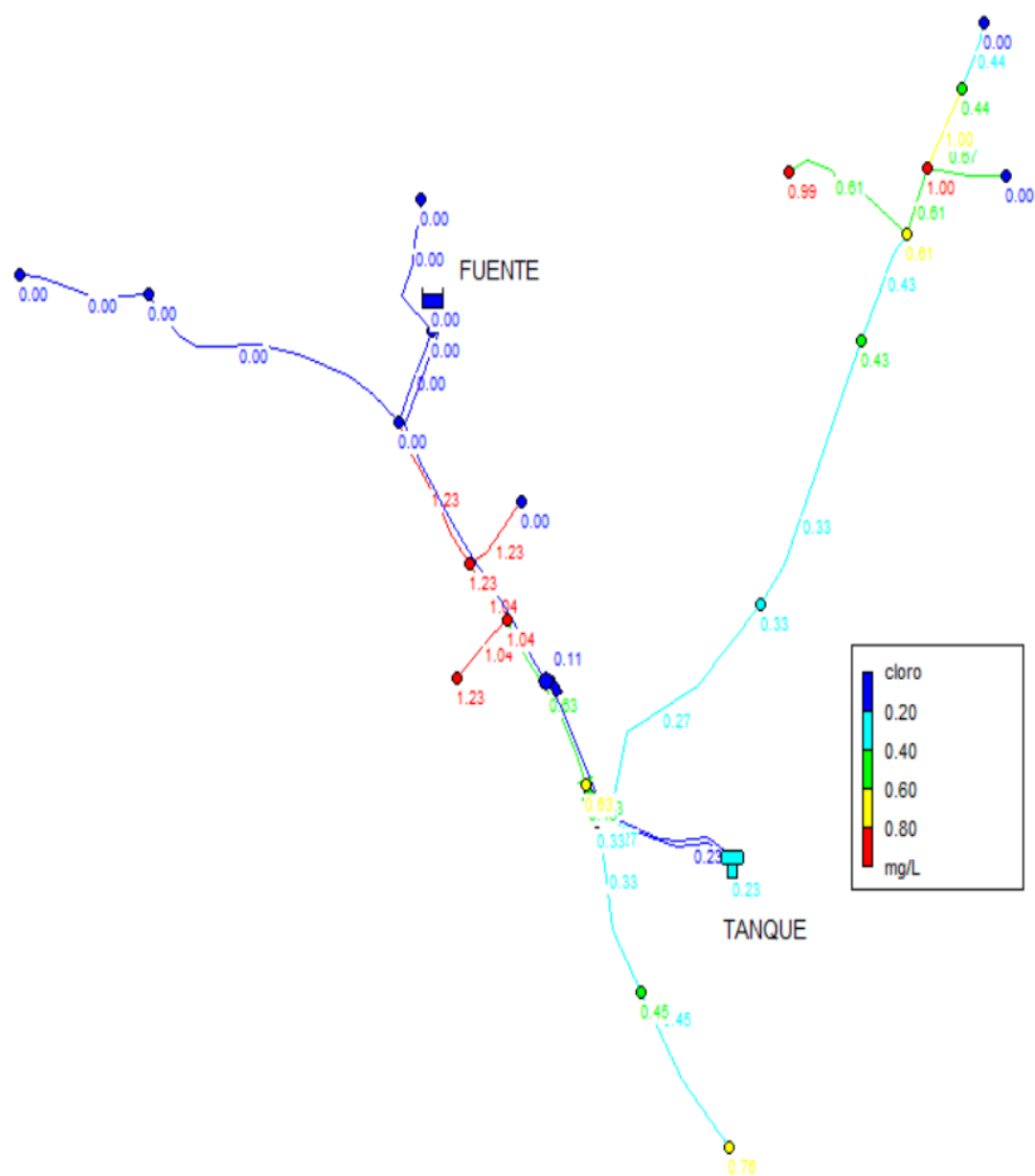
- **Comunidad el Cristal**

Ilustración IV-39. Cloro residual que contiene el agua durante una hora de bombeo el Cristal



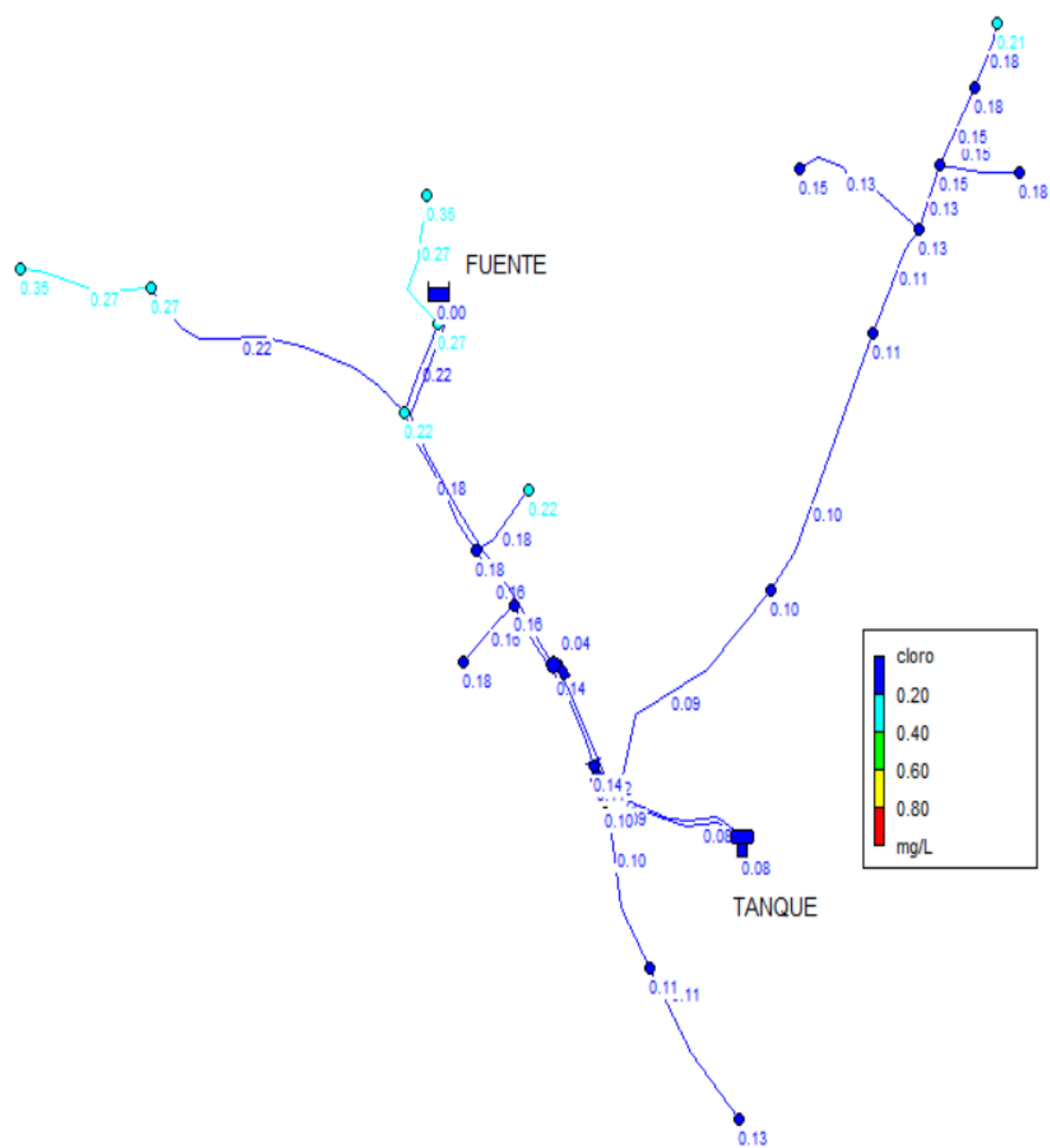
Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-40. Cloro residual que contiene el agua durante seis horas de bombeo el Cristal



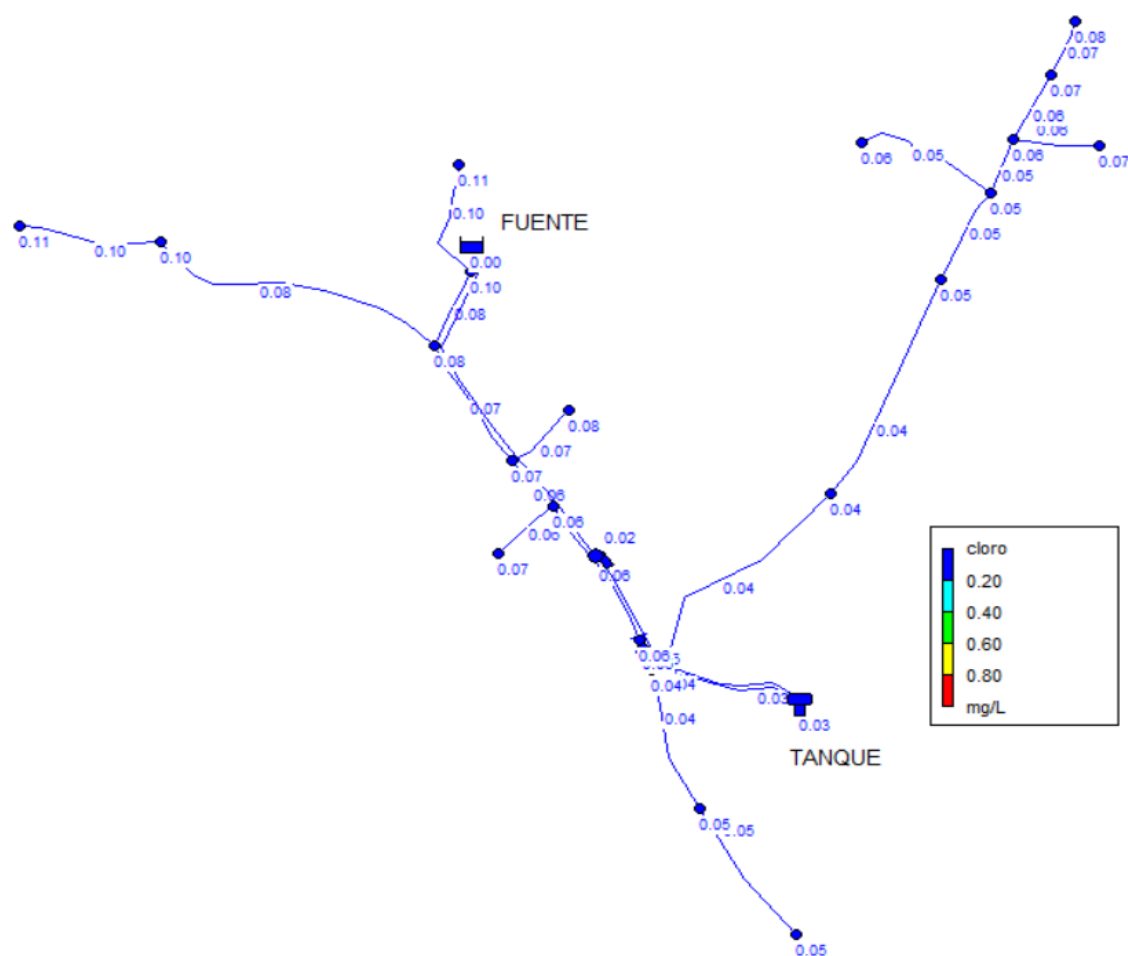
Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-41. Cloro residual que contiene el agua durante doce horas de bombeo el Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración IV-42. Cloro residual que contiene el agua cuatro horas después de terminar el bombeo el Cristal



Fuente: Elaboración propia

Según (CAPRE, 1994, pág. 13) en parámetros físico-químicos, establece que el valor de cloro residual recomendado en mg/l es de 0.5 a 1. En la simulación de cloro residual obtenidos mediante el software EPANET el valor de cloro residual a las 12 horas de bombeo en los puntos más alejados de la red oscila entre de 0.21 - 0.35 mg/l el cual no se adecua por completo al valor recomendado; no obstante citando (INAA, 1999, pág. 99) plantea: “La concentración de cloro residual que debe permanecer en los puntos más alejados de la red de distribución deberá ser 0.2-0.5 mg/L después del período de contacto antes señalado”, siendo este periodo de 30 min antes que llegue al primer consumidor.

4.13.6. Conexiones de Patio

Para el año 0, se instalarán 155 conexiones de patio, de las cuales setenta y ocho serán en la comunidad El Cristal y setenta y siete en la comunidad El Guineo.

4.14. Costos del proyecto

4.14.1. Costo de ejecución del proyecto

- Para comunidad El Guineo

Tabla IV-141. Resumen de costos en ejecución del proyecto en la comunidad El Guineo

PRESUPUESTO EL GUINEO		
310	PRELIMINARES	C\$ 353,956.16
315	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA CAMINOS DE ACCESOS	C\$ -
316	MEJORAMIENTO DE FUNDACIONES	C\$ -
320	LINEA DE CONDUCCIÓN	C\$ 110,650.38
325	Pilas rompe presión	C\$ 68,100.00
330	Línea de distribución	C\$ 488,606.26
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C\$ 325,251.10
340	FUENTES Y OBRAS DE TOMA	C\$ 609,780.00
350	CONEXIONES	C\$ 139,032.00
360	PLANTA DE PURIFICACIÓN	C\$ 16,300.00
362	OBRAS DE REPARACIÓN	0
365	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES	C\$ 6,000.00
370	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	C\$ 28,852.00
Subtotal		C\$ 2,146,527.91

COSTO INDIRECTO	C\$ 214,652.79
SUBTOTAL	C\$ 2,361,180.70
ADMINISTRACIÓN	C\$ 128,791.67
UTILIDAD	C\$ 2,404,111.25
SUBTOTAL	C\$ 4,894,083.63
IMPUESTOS	C\$ 734,112.54
COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN	C\$ 5,628,196.17

Fuente: Elaboración propia

- Para comunidad El Cristal

Tabla IV-142. Resumen de costos en ejecución del proyecto en la comunidad El Cristal

PRESUPUESTO EL CRISTAL		
310	PRELIMINARES	C\$ 307,006.68
315	MOVIMIENTO DE TIERRA PARA CAMINOS DE ACCESOS	C\$ -
316	MEJORAMIENTO DE FUNDACIONES	C\$ -
320	LINEA DE CONDUCCIÓN	C\$ 92,200.60
325	Pilas rompe presión	C\$ 54,600.00
330	Línea de distribución	C\$ 451,883.40
335	TANQUE DE ALMACENAMIENTO	C\$ 298,946.60
340	FUENTES Y OBRAS DE TOMA	C\$ 403,060.00
350	CONEXIONES	C\$ 129,648.00
360	PLANTA DE PURIFICACIÓN	C\$ 16,300.00
365	MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y PREVENCIÓN DE ACCIDENTES	C\$ 6,000.00
370	LIMPIEZA FINAL Y ENTREGA	C\$ 28,852.00
Subtotal		C\$ 1,788,497.28

COSTO INDIRECTO	C\$ 178,849.73
SUBTOTAL	C\$ 1,967,347.01
ADMINISTRACIÓN	C\$ 107,309.84
UTILIDAD	C\$ 2,003,116.96
SUBTOTAL	C\$ 4,077,773.80
IMPUESTOS	C\$ 611,666.07
COSTO TOTAL DE LA INVERSIÓN	C\$ 4,689,439.87

Fuente: Elaboración propia

4.12.2. Costos de operación y mantenimiento

El sistema de agua potable será administrado por la comunidad, a través de un comité de agua potable y saneamiento (CAPS), el cual será capacitado constantemente por las unidades ejecutoras correspondientes para que cada miembro conozca su responsabilidad y como debe desempeñarse durante la operación del sistema de agua.

La estructura del comité de agua y saneamiento estará estructurada de la siguiente forma:

- Para comunidad El Guineo:

Tabla IV-143. Organización de CAPS en la comunidad El Guineo

Organización de CAPS El Guineo	
Presidente	Raúl Martínez
Secretario	Bismark Martínez Bermúdez
Tesorero	Francisco Martínez Gutiérrez
Fiscal	Jaime Mejía Martínez
Vocal	Petronila Mejía

Fuente: Elaboración propia

- Para comunidad El Cristal:

Tabla IV-144. Organización de CAPS en la comunidad El Cristal

Organización de CAPS El Cristal	
Presidente	María de los santos Martínez
Secretario	Roberto Urbina López
Tesorero	Xiomara López Ramírez
Fiscal	Marlon Antonio López
Vocal	Katalina Urbina Ortega

Fuente: Elaboración propia

Funciones de la organización por comunidad:

- Cumplir y hacer cumplir los estatutos, reglamento interno y normas técnicas del INAA.
- Convocar a las ASAMBLEAS DE MIEMBROS, y comunidad.
- Velar por el buen funcionamiento del sistema de agua, ejecutar obras, conservar fuentes de agua.
- Autorizar o suspender servicios de agua conforme Reglamento Interno, y normativas.
- Recaudar y administrar fondos provenientes de recaudación de tarifas y otras actividades y recaudación de fondos.
- Abrir cuenta bancaria y supervisar el registro de ingresos y egresos en libros contables.

- Fomentar la utilización adecuada del agua potable.
- Vigilar y proteger fuentes de agua.
- Contratar servicios de personal para Opera. Mantenimiento
- Preparar y presentar informes de gestión a la Asambleas.
- Velar por la calidad del agua.
- Preparar plan de trabajo y presupuesto anual.
- Elaborar propuesta de tarifa para aprobación de Asamblea.
- Solicitar y apoyar y organizar a los pobladores para actividades.
- Elaborar proyectos y presentarlos a la asamblea general.
- Efectuar campañas de salud comunitaria.
- Autorizar nuevas tomas de agua, atender reclamos, denuncias.
- Nombrar representantes del CAPS ante otras instancias, y otras actividades propias del funcionamiento del sistema de agua.

Es importante que los Comités de Agua Potable y Saneamiento, tengan la preparación y el conocimiento sobre campañas comunitarias de salud y protección del medio ambiente, para impulsar un mejor desarrollo en sus comunidades (Centro de Información e Innovación - Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua , 2021).

A estas organizaciones también se les comparó como “apóstoles sociales”, es decir que son personas voluntarias que trabajan para sacar adelante a la comunidad, sin recibir ninguna ganancia económica y a pesar del poco valor que la misma comunidad les da (Centro de Información e Innovación - Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua , 2021).

- **Determinación de los costos de operación**

Para suministrar el correcto mantenimiento de la obra durante su periodo de operación, debemos especificar los costos de operación que deben ser financiados a través de los pagos mensuales de los usuarios. Esto garantizará un sistema eficiente y con flujo continuo de agua durante la vida del proyecto.

- **Gastos de cloro:**

- Para comunidad El Guineo:

Se propone utilizar 1.43 L diarios de hipoclorito de sodio. Así, el consumo anual será de:

$$C\$ 105 * 1.43 L * 365 \text{ días} = C\$ 54.804.75$$

- Para comunidad El Cristal:

Se necesitarán 1.20 L de hipoclorito de sodio al día para mantener la cloración a 1mg/L.

Por lo tanto:

$$C\$105 * 1.20 L * 365 \text{ días} = C\$ 45,990.00$$

- **Gastos administrativos**

Se propone mantener a una persona de forma permanente en el tanque de almacenamiento de cada localidad, capaz de manejar la bomba y mantener las concentraciones de cloro en el hipoclorador.

A esta persona se le pagarán C\$ 3,000.00 mensuales, provenientes del pago del servicio en cada comunidad.

Por lo tanto, el gasto anual correspondiente al personal será:

$$C\$ 1,500.00 * 12 + 1 * C\$ 1,500.00 + C\$ 1,500.00 * 30/30 = C\$ 21,000.00 \text{ anuales.}$$

- **Gastos de transporte:**

Se considera un gasto mensual de transporte válido para ambas comunidades de:

$$C\$ 260.00 * 12 = C\$ 3,120.00$$

- **Determinación de los costos de mantenimiento**

- Limpieza de predio

Se pretende limpiar trimestralmente el predio donde se ubicará cada tanque de almacenamiento y también donde estará la obra de captación.

Para comunidad El Guineo:

El monto de limpieza incluirá ambas áreas. Por lo tanto:

$$C\$ 300.00 * 4 * 2 = C\$ 2,400.00 \text{ anuales.}$$

Para comunidad El Cristal

$$C\$ 300.00 * 4 = C\$ 1,200.00 \text{ anuales}$$

- Mantenimiento de la obra de captación

Para comunidad El Guineo

Esta actividad se realizará mensualmente con el objetivo de mantener limpia la pila de almacenamiento. Se pretende pagar C\$ 350.00 por cada limpieza. Por lo tanto:

$$C\$ 350.00 * 12 = C\$ 4,200.00$$

Para comunidad El Cristal

Ya que la actividad se desarrollará en un pozo, se pagará:

$$C\$ 150.00 * 12 = C\$ 1,800.00$$

- Mantenimiento del tanque

Este ítem destaca la reparación de grietas visibles, tuberías, accesorios, entre otros. Se realizará anualmente y tendrá un costo total del 8% de la estructura.

Para comunidad El Guineo:

$$8\% * USD 1,982.48 = USD 158.60$$

Para comunidad El Cristal:

$$8\% * USD 855.76 = USD 68.46$$

- Mantenimiento de la línea de conducción y red

El precio unitario de mantenimiento por metro de tubería para ambos sistemas es de \$ 1.35 por metro de tubería. Por lo tanto:

Para comunidad El Guineo

$$USD 0.52/m * 2375.51 m = USD 1,235.27$$

Para comunidad El Cristal

$$USD 0.52/m * 2,070.58 m = USD 1,076.70$$

4.13.3. Costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño

- Para comunidad El Guineo

Tabla IV-145. 4.14.3. Resumen de costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño en El Guineo

Año	Operativo		Mantenimiento				Costo total anual USD
	Cloración	Administrativo	Predios	Obra de captación	Tanque	Línea de conducción y red	
2021	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2022	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2023	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2024	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2025	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2026	54,804.75	24,120.00	2,400.00	4,200.00	5,576.38	43,432.09	134,533.22
2027	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2028	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2029	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2030	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2031	54,804.75	24,120.00	2,400.00	4,200.00	5,576.38	43,432.09	134,533.22

Año	Operativo		Mantenimiento				Costo total anual USD
	Cloración	Administrativo	Pedios	Obra de captación	Tanque	Línea de conducción y red	
2032	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2033	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2034	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2035	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2036	54,804.75	24,120.00	2,400.00	4,200.00	5,576.38	43,432.09	134,533.22
2037	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2038	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2039	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2040	54,804.75	24,120.00	2,400.00			43,432.09	124,756.84
2041	54,804.75	24,120.00	2,400.00	4,200.00	5,576.38	43,432.09	134,533.22
Total	1,150,899.75	506,520.00	50,400.00	16,800.00	22,305.50	912,073.96	2,658,999.21

Fuente: Elaboración propia

➤ Para comunidad El Cristal

Tabla IV-146. Resumen de costos de operación y mantenimiento durante el periodo de diseño en El Cristal

Año	Operativo		Mantenimiento				Costo total anual USD
	Cloración	Administrativo	Pedios	Obra de captación	Tanque	Línea de conducción y red	
2021	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2022	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2023	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2024	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2025	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2026	45,990.00	24,120.00	1,200.00	1,800.00	2,407.05	37,856.77	113,373.83
2027	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2028	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2029	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2030	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2031	45,990.00	24,120.00	1,200.00	1,800.00	2,407.05	37,856.77	113,373.83
2032	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2033	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77

Año	Operativo		Mantenimiento				Costo total anual USD
	Cloración	Administrativo	Predios	Obra de captación	Tanque	Línea de conducción y red	
2034	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2035	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2036	45,990.00	24,120.00	1,200.00	1,800.00	2,407.05	37,856.77	113,373.83
2037	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2038	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2039	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2040	45,990.00	24,120.00	1,200.00			37,856.77	109,166.77
2041	45,990.00	24,120.00	1,200.00	1,800.00	2,407.05	37,856.77	113,373.83
Total	965,790.00	506,520.00	25,200.00	7,200.00	9,628.21	794,992.21	2,309,330.43

Fuente: Elaboración propia

4.14.4. Tarifa de agua

Se procede a dividir los costos de operación y mantenimiento entre el número de viviendas.

- Para comunidad El Guineo

Ecuación 34. Tarifa anual por vivienda para costos de operación y mantenimiento

$$Tarifa_{Anual} = \frac{CT_{Anual}}{\# \text{ viviendas}}$$

$$Tarifa_{Anual} = \frac{124,756.84}{77} = C\$ 1,620.22 \text{ Anuales} \sim C\$ 135.02 \text{ mensuales}$$

- Para comunidad El Cristal

$$Tarifa_{Anual} = \frac{CT_{Anual}}{\# \text{ viviendas}} \text{ Ecuación 34}$$

$$Tarifa_{Anual} = \frac{109,166.77}{78} = C\$ 1,399.57 \text{ Anuales} \sim C\$ 116.63 \text{ mensuales}$$

4.15. Estudio de impacto ambiental

4.15.1. Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el período de construcción.

La evolución del impacto se realiza con el objetivo de proponer medidas de prevención efectivas, que ayuden a la preservación y conservación del medio ambiente, como se establece en el Decreto N°. 20 (2007) el cual afirma: “La Evolución Ambiental es utilizada como instrumento para la gestión preventiva, con la finalidad de identificar y mitigar posibles impactos al ambiente de planes, programas, proyectos e industrias.

Según el Decreto N°.20-2007 la evaluación ambiental de los proyectos se divide por categoría dependiendo del ámbito del proyecto. El proyecto en estudio es una “Obra de abastecimiento de agua potable”, el cual es abordado en la categoría III el Decreto N°. 20-2007 lo describe como:

Categoría III A. Son los proyectos, planes, programas, obras, industrias y actividades que pueden causar impactos ambientales moderados, por lo que están sujetos a una valoración ambiental, a través de la elaboración de un programa de gestión ambiental, como condición para el otorgamiento de la autorización ambiental correspondiente. El proceso de valoración ambiental y emisión de la autorización ambiental quedarán a cargo de las Delegaciones Territoriales de MARENA o de los consejos regionales según donde se desarrollará el proyecto, plan, programa, obra, industria o actividad, en coordinación con las Unidades de Gestión Ambiental sectorial correspondiente. (Decreto N°. 20-2007, pp 227-228)

Por lo tanto, este proyecto está sometido a realizar estudio ambiental y brindar medidas de mitigación para el correcto uso y conservación del medio ambiente.

- **Selección de indicadores ambientales.**

La selección de los indicadores ambientales es basada en cómo será afectado el medio en las comunidades al ejecutar el sistema de agua potable, el cual es necesario para realizar la matriz de identificación de impacto ambiental.

Los indicadores están plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla IV-147. Descripción de indicadores ambientales

Medio Ambiente	Indicador Ambiental
Aire	Generación de ruidos y vibraciones Emisión de partículas de tierra Emisión de gases de maquinaria
Agua	Contaminación de agua superficial Aumento de sólidos en suspensión
Suelo	Erosión del suelo Pérdida de estabilidad mecánica Modificación de cubierta vegetal Riesgo de contaminación
Flora	Remoción de cobertura vegetal Despale Pérdida de flora nativa de la comunidad Degradación de la capa vegetal
Fauna	Alteración de fauna terrestre Pérdida de fauna nativa
Paisaje	Alteración del valor paisajístico
Socio-económico	Quejas y reclamos Salud pública Uso de propiedad privada Accidentes laborales Generación de empleos temporales Incremento de la actividad económica Deterioro del camino de acceso

Fuente: Elaboración propia

- **Identificación de actividades de proyecto.**

Con el fin de identificar y valorar los impactos ambientales tanto positivos como negativos en la etapa de construcción del “Sistema de agua potable en las comunidades el Cristal y el Guineo”, se procedió a realizar los estudios un resumen de las actividades que se

realizarán al ejecutar el proyecto, estas actividades engloban las diferentes tareas involucradas.

Para facilitar la realización de la matriz de identificación de impactos ambientales, se realizó un cuadro resumen de las actividades que se llevarán a cabo en la construcción del proyecto.

Tabla IV-148. Resumen de actividades del proyecto en la construcción

Actividades del proyecto para la CONSTRUCCIÓN	
Nº	Actividades
1	Limpieza inicial
2	Campamento de obra
3	Cierre parcial del camino
4	Trazo y nivelación
5	Descapote
6	Excavación de zanjas
7	Operación de maquinaria pesada
8	Botar materiales de Excavación
9	Acarreo de materiales
10	Relleno y compactación

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se efectúa una breve descripción de lo que abarca cada una de las actividades que se ejecutarán a lo largo de la ejecución del proyecto:

➤ **Limpieza inicial:**

Consiste en la limpieza del terreno que se utilizará para la ejecución del proyecto como son el lugar donde estará la obra de captación, la estación de bombeo, la red de distribución y donde se van a colocar las obras temporales para el campamento de los trabajadores.

➤ **Campamento de obra:**

Esto abarca todas las construcciones temporales que se deben realizar para poder ejecutar la obra entre estos: bodegas, talleres, servicios sanitarios, oficinas y comedores.

Cabe recalcar que estas obras se deben dismantelar al finalizar la fase de construcción del sistema de agua potable.

➤ **Cierre parcial del camino:**

Esta actividad radica en el cierre temporal del camino comunitario por periodos preferiblemente cortos, para poder facilitar la entrada de la maquinaria pesada, así como trabajar el zanjeo de la red en el camino.

➤ **Trazo y nivelación:**

Se entenderá por trazo y nivelación la preparación del terreno para empezar la construcción, eliminando piedras u otros impedimentos, además de la colocación mojoneros para determinar por donde va a pasar la línea de conducción y la red de distribución.

➤ **Descapote:**

Consiste en eliminar la capa vegetal, los árboles, raíces y otro tipo de impedimento que se encuentre en el terreno que se utilice en la ejecución del proyecto.

➤ **Excavación de zanjas:**

La presente actividad se basa en la realización de extracción de suelo para llegar al nivel requerido para la colocación de las tuberías y otras estructuras que se deban edificar. Estas excavaciones serán ejecutadas con retroexcavadoras o de forma manual (picos y palas), esto según amerite el caso y las facilidades que permita el terreno.

➤ **Operación de maquinaria pesada:**

La utilización de maquinaria es indispensable para el proceso de construcción del sistema de agua potable, ya que es necesario en muchas de las actividades. Se usarán: retroexcavadoras, volquetes, camiones, mezcladoras, compactadoras de rodillo, entre otras. Cabe recalcar que esta maquinaria debe cumplir con todos los chequeos como son emisión de gases y de ruidos.

➤ **Botar material de excavación:**

Esta actividad se basa en el traslado de materiales residuales como lo es el suelo sobrante del proceso de excavaciones llevándolo a un lugar donde se pueda desechar sin perjudicar e importunar a la población de las comunidades.

➤ **Acarreo de materiales:**

Consiste en el traslado de los materiales desde los centros de abastecimiento de los productos necesarios hasta el sitio de ejecución de la obra. Esto se realizará en camiones del tamaño que amerite cada situación y cantidad de materia prima.

➤ **Relleno y compactación:**

La presente actividad radica en el relleno de las zanjas luego de la colocación de la respectiva tubería y la compactación para fijar el terreno y evitar cualquier hundimiento de suelo que pueda perjudicar la red.

• **Identificación de impactos ambientales.**

Se plantea a continuación la matriz de identificación de impactos ambientales donde se describen las actividades de la construcción del proyecto con su relación causa-efecto con los indicadores ambientales. Se marcó con una “X” en los puntos de cruces entre la actividad y el indicador ambiental, donde se considera que hay una relación causa – efecto entre ellos.

En el siguiente cuadro se muestra la matriz de identificación ambiental con los resultados de la evolución de las interacciones identificadas al realizar la construcción del sistema de agua potable en las comunidades El Cristal y El Guineo.

Tabla IV-149. Matriz de identificación de impactos ambientales en la construcción del proyecto

Matriz de identificación de impactos ambientales											
Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Construcción									
		Limpieza inicial	Campamento de obra	Cierre parcial del camino	Trazo y nivelación	Descapote	Excavación de zanjas	Operación de maquinaria pesada	Botar materiales de Excavación	Acarreo de materiales	Relleno y compactación
Aire	Generación de ruidos y vibraciones		X		X		X	X	X	X	X
	Emisión de partículas de tierra	X				X	X	X	X	X	X
	Emisión de gases de maquinaria						X	X	X	X	X
Agua	Contaminación de agua superficial		X				X				
	Aumento de sólidos en suspensión		X								
Suelo	Erosión del suelo	X				X	X	X			X
	Pérdida de estabilidad mecánica						X				
	Modificación de cubierta vegetal	X				X					
Flora	Riesgo de contaminación		X					X			
	Remoción de cobertura vegetal	X				X					
	Despale	X				X					
Fauna	Pérdida de flora nativa de la comunidad	X				X					
	Degradación de la capa vegetal					X	X	X			
	Alteración de fauna terrestre					X	X	X			
Paisaje	Pérdida de fauna nativa					X	X	X			
	Alteración del valor paisajístico					X					
	Quejas y reclamos			X				X			
Socio-económico	Salud pública						X		X		X
	Uso de propiedad privada		X				X		X		X
	Accidentes laborales						X	X			
	Generación de empleos temporales	X				X			X		
	Incremento de la actividad económica		X								
	Deterioro del camino de acceso						X	X			

Fuente: Elaboración propia

- **Valoración del impacto ambiental.**

Luego de la identificación de los impactos al realizar la construcción del proyecto abordado en el cuadro anterior, se procedió a la valoración de dichos impactos al medio ambiente.

Para realizar la valoración del impacto ambiental se utilizó el método matricial, este depende de la evaluación y apreciación que se tuvo al realizar las visitas de campo.

La matriz está estructurada tomando en cuenta los indicadores ambientales que se ven afectados con la ejecución, determinando si el impacto es negativo o positivo para el ambiente y la población de las comunidades. Cada parámetro por el cual se va a evaluar se ampliará a continuación:

- Naturaleza o signo:

Si el impacto es beneficioso se tomará como (+1), mientras si al contrario el impacto es negativo se plasmará como (-1).

- Intensidad:

Este se refiere a la magnitud de afectación que tendrá cada actividad en los indicadores ambiental. La intensidad se reflejará de la siguiente manera: Baja (1), Media (2), Alta (4), Muy alta (8) o Total (12).

- Extensión:

Este parámetro describe el área que se verá afectada por las actividades del proyecto. Se plasmará como: Puntual (1), Parcial (2), Extenso (4), Total (8) o Crítico (12).

- Momento:

Se basa en el plazo en el que se manifestara la afectación que se realice al medio ambiente por la ejecución del proyecto. Este puede ser: Corto plazo (1), Medio plazo (2), Inmediato (4), crítico (8).

- Persistencia:

Esta refleja permanencia que tendrá efecto que se provoque. Se medirá con la siguiente escala de valores: Fugaz (1), Temporal (2) o Permanente (4).

➤ Reversibilidad:

Es el tiempo en el que se puede revertir el daño causado al medio ambiente, se calificara así: Corto plazo (1), Medio plazo (2) o Irreversible (4).

➤ Sinergia:

Se refiere a la regularidad con la que se presentaran los efectos al medio. Se presentará con la siguiente escala: Sin sinergismo (1), Sinérgico (2), Muy sinérgico (4).

➤ Acumulación:

Si el efecto provocado incrementa progresivamente a lo largo del tiempo. Midiéndose así: Simple (1) o Acumulativo (4).

➤ Efecto:

Es la relación causa – efecto que existe, esta puede ser Indirecta (1) o Directa (4).

➤ Periodicidad:

Es la regularidad con que se manifiesta la secuela provocada al medio ambiente. Este puede ser: Irregular (1), Periódico (2) o Continuo (4).

➤ Recuperabilidad:

Se basa el tiempo en la que se puede reconstruir por medios humanos los daños provocados. Pueden ser: Recuperable de manera inmediata (1), Recuperable a medio plazo (2), Mitigable (4) o Irrecuperable (8).

➤ Importancia:

Es el grado total que se va a causar a cada indicador ambiental de los cuales se están evaluando, calculándola con la siguiente fórmula matemática:

$$I = \pm(3(Intensidad) + 2(Extensión) + Momento + Persistencia + Reversibilidad \\ + sinergia + Acumulación + Efecto + Periodicidad + Recuperabilidad)$$

Tabla IV-150. Matriz de valoración de impactos ambientales en la construcción del proyecto

MATRIZ DE VALORACION DE IMPACTOS AMBIENTALES													
Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Signo	Intensidad (I)	Extensión (E)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (Rv)	Sinergia (SI)	Acumulativo (AC)	Efecto (EF)	Perioididad (PE)	Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)
Aire	Generación de ruidos y vibraciones	-1	4	2	4	1	1	1	1	4	2	1	-31
	Emisión de partículas de tierra	-1	4	2	4	1	1	1	1	4	2	1	-31
	Emisión de gases de maquinaria	-1	2	1	4	1	1	1	1	4	2	1	-23
Agua	Contaminación de agua superficial	-1	1	1	4	2	2	1	1	1	1	2	-19
	Aumento de solidos en suspensión	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	2	-26
	Erosión del suelo	-1	4	4	2	4	4	2	4	4	4	8	-52
Suelo	Pérdida de estabilidad mecánica	-1	2	2	2	4	2	4	4	4	4	4	-38
	Modificación de cubierta vegetal	-1	12	1	2	4	4	4	4	4	4	2	-66
	Riesgo de contaminación	-1	2	1	4	2	2	2	1	1	1	2	-23
Flora	Remoción de cobertura vegetal	-1	12	2	4	4	4	1	1	4	4	4	-66
	Despale	-1	4	2	4	4	4	1	1	4	2	4	-40
	Pérdida de flora nativa de la comunidad	-1	4	2	4	4	2	2	4	1	4	2	-39
Fauna	Degradación de la capa vegetal	-1	8	2	1	4	2	4	4	4	4	8	-59
	Alteración de fauna terrestre	-1	4	2	4	2	2	2	4	1	4	8	-43
	Pérdida de fauna nativa	-1	4	2	4	2	2	2	4	1	4	8	-43
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	-1	4	1	4	4	2	2	4	4	4	8	-46
	Quejas y reclamos	-1	2	1	4	1	1	2	1	1	2	1	-21
	Salud pública	-1	4	4	2	2	1	2	1	4	2	2	-36
Socio-económico	Uso de propiedad privada	-1	2	1	4	4	4	4	1	4	4	8	-41
	Accidentes laborales	-1	1	2	4	2	1	4	1	1	1	1	-22
	Generación de empleos temporales	1	4	4	4	2	1	4	1	4	2	2	40
	Incremento de la actividad económica	1	4	4	4	2	1	2	1	4	2	2	38
	Deterioro del camino de acceso	-1	2	1	2	2	2	2	4	1	4	4	-29

Fuente: Elaboración propia

- **Importancia del impacto ambiental.**

Tomando como referencia los datos obtenidos para ser exacto la importancia de la matriz anterior donde se evaluó la importancia de las actividades en el medio ambiente de las comunidades.

Siguiendo la siguiente clasificación:

- Impactos positivos:

Estos son los impactos beneficiosos, los cuales su importancia es mayor a cero. Su código de color es celeste.

- Impactos compatibles:

Son impactos negativos pero que no afectan en una gran magnitud, estos son los que su importancia esta entre 0 y -25. Su código de color es amarillo.

- Impactos moderados:

Estos son los que su rango de importancia de la matriz de valoración de impactos ambientales varía entre -25 y -50. Su código de color es rosado.

- Impactos severos:

Son los impactos negativos que son significativos para el medio ambiente de las comunidades, están en el rango de importancia entre -50 y -75. Su código de color es violeta.

- Impactos críticos:

Son los impactos negativos más bruscos y significativos que tendrá el medio ambiente, son los que su importancia está dentro del rango de -75 a -100. Su código de color es rojo.

Tabla IV-151. Matriz de importancia de los impactos ambientales en la construcción del proyecto

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Importancia	Código de color	Valor
Aire	Generación de ruidos y vibraciones	-31		MODERADO
	Emisión de partículas de tierra	-31		MODERADO
	Emisión de gases de maquinaria	-23		COMPATIBLES
Agua	Contaminación de agua superficial	-19		COMPATIBLES
	Aumento de sólidos en suspensión	-26		MODERADO
	Erosión del suelo	-52		SEVERO
Suelo	Pérdida de estabilidad mecánica	-38		MODERADO
	Modificación de cubierta vegetal	-66		SEVERO
	Riesgo de contaminación	-23		COMPATIBLES
Flora	Remoción de cobertura vegetal	-66		SEVERO
	Despale	-40		MODERADO
	Pérdida de flora nativa de la comunidad	-39		MODERADO
Fauna	Degradación de la capa vegetal	-59		SEVERO
	Alteración de fauna terrestre	-43		SEVERO
	Pérdida de fauna nativa	-43		SEVERO
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	-46		SEVERO
	Quejas y reclamos	-21		COMPATIBLES
	Salud pública	-36		MODERADO
Socio-económico	Uso de propiedad privada	-41		MODERADO
	Accidentes laborales	-22		COMPATIBLES
	Generación de empleos temporales	40		POSITIVO
	Incremento de la actividad económica	38		POSITIVO
	Deterioro del camino de acceso	-29		MODERADO

Fuente: Elaboración propia

- **Medidas de mitigación.**

Para el ablandamiento de los impactos que se provocaran en el medio ambiente a continuación se proponen medidas de mitigación para la preservación de los recursos de las comunidades El Cristal y El Guineo.

Tabla IV-152. Medidas de mitigación por el impacto ambiental en la construcción del proyecto.

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Medidas de mitigación
Aire	Generación de ruidos y vibraciones	1) Realizar un adecuado mantenimiento de los equipos de trabajo. 2) Sustituir los equipos de trabajo obsoletos por otros menos ruidosos. 3) Planificar el trabajo de tal forma que durante las tareas ruidosas no estén expuestas demasiadas personas. 4) Los operarios de maquinarias ruidosas hacer uso de equipos de protección auditiva adecuados a los niveles de presión sonora
	Emisión de partículas de tierra	1) Realizar constantes riegos con camiones cisternas en el lugar donde se realice movimientos de tierra. 2) Los camiones para botar y transportar materiales deben estar dotados con carpas, plásticos, lonas o coberturas que impidan el levantamiento de material particulado por la acción del viento. 3) Restringir la velocidad de circulación de vehículos en la obra. 4) Humedecer el camino y residuos evacuados desde altura en los camiones.
	Emisión de gases de maquinaria	1) Los vehículos livianos y pesados utilizados durante la construcción del proyecto, deben tener vigente el certificado de gases. 2) Realizar todos los mantenimientos y revisiones de la maquinaria en tiempo y forma. 3) Utilizar maquinas en buen estado y sin detalles de fuga de gases

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Medidas de mitigación
Agua	Contaminación de agua superficial	1) Minimizar las operaciones en el agua. 2) Evitar que la red del sistema no influya con el curso natural del agua superficial. 3) Garantizar que el relleno de las zanjas no altere el nivel original del caudal de la fuente afectado. 4) Implementar planes de control de la sedimentación 5) No reabastecer de combustible la maquinaria a menos de 100 metros de la fuente de agua 6) Mantener capacidad de respuesta a derrames de combustibles de la maquinaria
	Aumento de solidos en suspensión	1) Minimizar las tareas limpieza y movimiento de suelos cerca de cuerpos de agua 2) Evitar o minimizar trabajos dentro de la corriente del rio o quebradas 3) Remover el suelo contaminado del sitio donde se encuentra el cuerpo de agua superficial 4) Instalar letrinas temporales para el uso de las cuadrillas de trabajo del proyecto

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Medidas de mitigación
Suelo	Erosión del suelo	1) Realizar zanjas de laderas para la evacuación del agua pluvial 2) Proteger el suelo con cobertura vegetal y residuos de cultivos 3) No utilizar el sitio de construcción para agricultura y ganadería. 4) Sembrar árboles en los alrededores del sitio de construcción 5) En las zonas sensibles a la erosión, como el borde de las quebradas talar los árboles de tal manera que conserven las raíces para proteger el suelo.
	Pérdida de estabilidad mecánica	1) Rellenar todas las zanjas y huecos que se perforen. 2) Asegurarse de que el terreno quede bien compactado. 3) Sembrar vegetación de refuerzo para asegurar el suelo.
	Modificación de cubierta vegetal	1) Remover las plantas que puedan ser trasplantadas para colocarlas en otro lugar de las comunidades. 2) Sembrar plantas en las cercanías del proyecto.
	Riesgo de contaminación	1) Manejo adecuado de los desechos de aceites, combustibles y grasas de la maquinaria. 2) No tirar desechos en las zanjas. 3) Tener un plan de contingencia por si ocurre un derrame químico en el suelo

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Medidas de mitigación
Flora	Remoción de cobertura vegetal	1) Realizar un plan de reforestación. 2) Solo remover la cubierta vegetal que sea necesaria para la construcción del proyecto.
	Despale	1) Realizar un plan de reforestación. 2) Donar plantas a la comunidad para que las siembren a los alrededores. 3) Realizar la tala estrictamente necesaria para ejecución del proyecto.
	Pérdida de flora nativa de la comunidad	1) Trasplantar la flora que sea nativa de la comunidad 2) Realizar un plan de protección para las especies características de la comunidad 3) Designar un área para la siembra de árboles.
	Degradación de la capa vegetal	1) No utilizar este terreno para agricultura y ganadería. 2) Realizar un plan de reforestación.
Fauna	Alteración de fauna terrestre	1) Realizar un plan de reforestación. 2) No tocar los nidos o madrigueras de animales que no sean necesarios su eliminación.
	Pérdida de fauna nativa	1) Realizar un plan de reforestación.
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	1) Realizar un plan de reforestación. 2) Donar plantas ornamentales para embellecer las comunidades.

Medio Ambiente	Indicador Ambiental	Medidas de mitigación
Socio-económico	Quejas y reclamos	1) Realizar reuniones con los habitantes de las comunidades para plantearles cómo se va a realizar el proyecto. 2) Aclarar todas las dudas que tengan los beneficiados sobre la ejecución del proyecto. 3) Coordinarse con los jefes de comunidad para mejorar las relaciones con la población. 4) Tener un horario de trabajo que no perjudique la vida diaria de la población.
	Salud pública	1) Los trabajadores utilizar todos los equipos de protección. 2) Mantener un kit médico en caso de emergencias.
	Uso de propiedad privada	1) Realizar negociaciones con los afectados para realizar indemnizaciones. 2) Comprar el terreno donde se va a colocar la estación de bombeo o hablar con el dueño para la posible donación.
	Accidentes laborales	1) Todos los equipos que laboren en la construcción de las obras, deberán tener un pito de reversa. 2) Organizar y minimizar el tráfico en los accesos y caminos locales durante el trabajo de maquinaria pesada. 3) Imponer límites máximos de velocidad.
	Deterioro del camino de acceso	1) Habilitar caminos alternativos temporales de ingreso a las propiedades. 2) Trabajar en el menor tiempo posible, en los cruces con caminos de uso público. 3) Regar los caminos con camiones cisterna. 4) Reparar los daños causados al camino al terminar la construcción del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

4.15.2. Identificación y evaluación de los impactos ambientales en el período de operación

- **Selección de indicadores ambientales.**

La selección de los indicadores ambientales es basada en cómo será afectado el medio en las comunidades durante la operación del sistema de agua potable, el cual es necesario para realizar la matriz de identificación de impacto ambiental.

Los indicadores están plasmados en el siguiente cuadro:

Tabla IV-153. Selección de indicadores ambientales en la operación del proyecto

Medio Ambiente	Indicador Ambiental
Aire	Aumento del nivel de ruido
Agua	Modificación del régimen hidrológico y mecánica
	Riesgo de deterioro de la calidad del agua
	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos y recurso hídrico.
Suelo	Contaminación del suelo
Flora	Remoción de cobertura vegetal
Fauna	Pérdida de fauna nativa
Tranquilidad pública local	Incremento de ruido por los aparatos de bombeo
Paisaje	Alteración del valor paisajístico
Socio-económico	Generación de empleos temporales

Fuente: Elaboración propia

- **Valoración del impacto ambiental.**

Luego de la identificación de los impactos al realizar la construcción del proyecto abordado en el cuadro anterior, se procedió a la valoración de dichos impactos al medio ambiente.

Para realizar la valoración del impacto ambiental se utilizará el método matricial, este depende de la evaluación y apreciación que se tuvo al realizar las visitas de campo.

La matriz está estructurada tomando en cuenta los indicadores ambientales que se ven afectados con la ejecución, determinando si el impacto es negativo o positivo para el ambiente y la población de las comunidades. Cada parámetro por el cual se va a evaluar se ampliará a continuación:

➤ Naturaleza o signo:

Si el impacto es beneficioso se tomará como (+1), mientras si al contrario el impacto es negativo se plasmará como (-1).

➤ Intensidad:

Este se refiere a la magnitud de afectación que tendrá cada actividad en los indicadores ambiental. La intensidad se reflejará de la siguiente manera: Baja (1), Media (2), Alta (4), Muy alta (8) o Total (12).

➤ Extensión:

Este parámetro describe el área que se verá afectada por las actividades del proyecto. Se plasmará como: Puntual (1), Parcial (2), Extenso (4), Total (8) o Crítico (12).

➤ Momento:

Se basa en el plazo en el que se manifestara la afectación que se realice al medio ambiente por la ejecución del proyecto. Este puede ser: Corto plazo (1), Medio plazo (2), Inmediato (4), crítico (8).

➤ Persistencia:

Esta refleja permanencia que tendrá efecto que se provoque. Se medirá con la siguiente escala de valores: Fugaz (1), Temporal (2) o Permanente (4).

➤ Reversibilidad:

Es el tiempo en el que se puede revertir el daño causado al medio ambiente, se calificara así: Corto plazo (1), Medio plazo (2) o Irreversible (4).

➤ Sinergia:

Se refiere a la regularidad con la que se presentaran los efectos al medio. Se presentará con la siguiente escala: Sin sinergismo (1), Sinérgico (2), Muy sinérgico (4).

➤ Acumulación:

Si el efecto provocado incrementa progresivamente a lo largo del tiempo. Midiéndose así: Simple (1) o Acumulativo (4).

➤ Efecto:

Es la relación causa – efecto que existe, esta puede ser Indirecta (1) o Directa (4).

➤ Periodicidad:

Es la regularidad con que se manifiesta la secuela provocada al medio ambiente. Este puede ser: Irregular (1), Periódico (2) o Continuo (4).

➤ Recuperabilidad:

Se basa el tiempo en la que se puede reconstruir por medios humanos los daños provocados. Pueden ser: Recuperable de manera inmediata (1), Recuperable a medio plazo (2), Mitigable (4) o Irrecuperable (8).

➤ Importancia:

Es el grado total que se va a causar a cada indicador ambiental de los cuales se están evaluando, calculándola con la siguiente fórmula matemática:

$$I = \pm(3(Intensidad) + 2(Extensión) + Momento + Persistencia + Reversibilidad + sinergia + Acumulación + Efecto + Periocidad + Recuperabilidad)$$

Tabla IV-154. Matriz de valoración de impactos ambientales en la operación del proyecto

MATRIZ DE VALORACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES													
MEDIO AMBIENTAL	INDICADOR AMBIENTAL	Signo	Intensidad (I)	Extensión (E)	Momento (MO)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (Rv)	Sinergia (SI)	Acumulativo (AC)	Efecto (EF)	Periodicidad (PE)	Recuperabilidad (MC)	Importancia (I)
Aire	Aumento del nivel de ruido	-1	2	2	2	2	1	4	4	4	2	1	-30
Agua	Modificación del régimen hidrológico y mecánica	-1	1	1	2	4	2	2	4	4	4	2	-29
	Riesgo de deterioro de la calidad del agua	-1	4	4	1	4	2	4	4	1	1	2	-39
	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos y recurso hídrico.	-1	1	2	1	4	2	2	1	1	1	2	-21
Suelo	Contaminación del suelo	-1	2	1	4	2	4	1	1	1	1	2	-24
Flora	Remoción de cobertura vegetal	-1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	2	-15
Fauna	Perdida de fauna nativa	-1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	-22
Tranquilidad Pública Local	Incremento de ruido por los aparatos de bombeo	-1	2	2	1	4	2	2	1	1	1	2	-24
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	-1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	2	-17
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	1	2	2	1	4	1	1	1	4	1	4	27

Fuente: Elaboración propia

- **Importancia del impacto ambiental.**

Tomando como referencia los datos obtenidos para ser exacto la importancia de la matriz anterior donde se evaluó la importancia de las actividades en el medio ambiente de las comunidades.

Siguiendo la siguiente clasificación:

- Impactos positivos:

Estos son los impactos beneficiosos, los cuales su importancia es mayor a cero. Su código de color es celeste.

- Impactos compatibles:

Son impactos negativos pero que no afectan en una gran magnitud, estos son los que su importancia esta entre 0 y -25. Su código de color es amarillo.

- Impactos moderados:

Estos son los que su rango de importancia de la matriz de valoración de impactos ambientales varía entre -25 y -50. Su código de color es rosado.

- Impactos severos:

Son los impactos negativos que son significativos para el medio ambiente de las comunidades, están en el rango de importancia entre -50 y -75. Su código de color es violeta.

- Impactos críticos:

Son los impactos negativos más bruscos y significativos que tendrá el medio ambiente, son los que su importancia está dentro del rango de -75 a -100. Su código de color es rojo.

Tabla IV-155. Matriz de importancia de los impactos ambientales en la operación del proyecto

MATRIZ DE IMPORTANCIA DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES				
MEDIO AMBIENTAL	MODO DE AFECTACIÓN	Importancia	Código de color	Valor
Aire	Aumento del nivel de ruido	-30		Moderado
Agua	Modificación del régimen hidrológico y mecánica	-29		Moderado
	Riesgo de deterioro de la calidad del agua	-39		Moderado
	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos y recurso hídrico.	-21		Compatibles
Suelo	Contaminación del suelo	-24		Compatibles
Flora	Remoción de cobertura vegetal	-15		Compatibles
Fauna	Perdida de fauna nativa	-22		Compatibles
Tranquilidad Pública Local	Incremento de ruido por los aparatos de bombeo	-24		Compatibles
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	-17		Compatibles
Socioeconómico	Generación de empleos temporales	27		Positivo

Fuente: Elaboración propia

- Medidas de mitigación.

Para el ablandamiento de los impactos que se provocaran en el medio ambiente a continuación, se proponen medidas de mitigación para la preservación de los recursos de las comunidades El Cristal y El Guineo.

Tabla IV-156. Medidas de mitigación de impactos ambientales en la operación del proyecto

MEDIO AMBIENTAL	MODODEAFFECTACIÓN	MEDDASDEMITIGACION
Aire	Aumento del nivel de ruido	Construcción de caseta con materiales aislantes de sonido.
Agua	Modificación del régimen hidrológico y mecánica	Diseñar para obtener nada más el caudal necesario
	Riesgo de deterioro de la calidad del agua	Capacitar a los beneficiarios con el fin de formarles nuevos hábitos de limpieza y cuidado del medio ambiente
	Alteración del nivel estático en acuíferos cercanos y recurso hídrico.	Bombear solamente el número de horas establecidas en el diseño del sistema
Suelo	Contaminación del suelo	Diseñar una estación de bombeo con materiales impermeables de manera que no se permita la infiltración del líquido al suelo
Flora	Remoción de cobertura vegetal	Plantar árboles o gramíneas que eviten en el suelo la erosión.
Fauna	Pérdida de fauna nativa	Sembrar árboles parecidos a los encontrados en la zona o alguna especie que beneficie el hábitat de la fauna nativa
Tranquilidad Pública Local	Incremento de ruido por los aparatos de bombeo	Construcción de caseta con materiales aislantes de sonido.
Paisaje	Alteración del valor paisajístico	Rellenar excavaciones y/o deformaciones en el terreno, que alteren a simple vista el valor paisajístico de la comunidad

Fuente: Elaboración propia

V. Conclusiones

Se realizó el estudio socio económico en las comunidades El Cristal y El Guineo, obteniendo datos actualizados por comunidad. Se contabilizó un total de seiscientos sesenta y tres personas, divididas en: trescientas doce y trescientos cincuenta y un habitantes respectivamente.

Con apoyo de los datos proporcionados por la alcaldía municipal, además de los resultados obtenidos de las encuestas y censo INIDE (2005), aplicando el método geométrico definido en la norma NTON 09 003-99 se determinó un total de mil ochenta y seis personas, divididas en quinientos setenta y cinco para la comunidad El Guineo y quinientas once para la comunidad El Cristal, al final del periodo de diseño (2041).

Según datos recolectados, el sesenta por ciento de la población se encuentra en un rango de edad entre dieciocho y sesenta años, siendo estas las edades en las que los pobladores son productivos económicamente. Los ingresos por vivienda se encuentran en un rango desde cero a tres mil córdobas mensuales en no más del sesenta y tres por ciento de la población. Además, el noventa y seis por ciento de la población a beneficiar, está dispuesta a pagar por el servicio.

Haciendo uso de estación total (RUIDE R2), se procedió a levantar el relieve de la zona de estudio, adquiriendo coordenadas (x,y,z) a partir de las cuales se generaron las curvas de nivel, las que se utilizaron para la selección de la ruta óptima del sistema, económica y geográficamente.

Se diseñaron dos sistemas de agua potable, uno por comunidad, ambos del tipo FUENTE-TANQUE-RED. El sistema de la comunidad el Guineo, con capacidad de 1.17 l/s (CMH), que abastecerá la demanda proyectada al final del periodo de diseño. Cuenta con una obra de captación de cinco vertientes con un caudal total de 1.5 l/s, que están protegidos por una capa de concreto ciclópeo, recolectados a través de un canal que desemboca en la pila de recepción con un volumen útil de 8.4 m³. Se diseñó un sistema de bombeo contra el tanque donde se seleccionó una bomba sumergible con una potencia de 3 HP dentro de la pila de recepción. La línea de conducción cuenta con una

longitud de 498.10 m, con un diámetro de 2" de tubería PVC SDR 17 y 8.60 m de tubería HoGo de 2", correspondiente al tramo de sarta y columna dentro de la pila de recepción. Se propuso el diseño de un tanque de concreto ciclópeo, con capacidad de 14.26 m³, con resistencia de 2200 kg/m³, apoyado sobre una losa de cimentación y cubierta de resistencia de 150 lb/ft³. Se diseñó una red abierta con una longitud total de 1877.41 m, con diámetros de 2" y 1 ½", compuesta de tubería PVC SDR-26, dotada de accesorios que garantizan el correcto funcionamiento de ésta. La red fue ubicada en las partes más favorables del relieve y da cobertura a todas las viviendas de la comunidad.

El sistema de la comunidad el Cristal, con capacidad de 1.00 l/s, que abastecerá la demanda proyectada al final del periodo de diseño. Cuenta con un pozo con capacidad optima según prueba de bombeo de 1.26 l/s, a una profundidad de 150 pies, con un diámetro de revestimiento de 4" PVC, y un nivel estático de 44.6 pies. Se diseñó un sistema de bombeo contra el tanque, en donde se seleccionó una bomba sumergible con una potencia de 2 HP. La línea de conducción cuenta con una longitud de 385.23 m, con un diámetro de 2" de tubería PVC SDR-26 y 31.82 m de tubería HoGo de 2", correspondiente al tramo de sarta y columna del pozo. Se propuso el diseño de un tanque de concreto ciclópeo de volumen de 12 m³, con resistencia de 2200 kg/m³, apoyado sobre una losa de cimentación y cubierta de resistencia de 150 lb/ft³. Se diseñó una red abierta con una longitud total de 1653.53 m, con diámetros de 2" y 1 ½", compuesta de tubería PVC SDR 26, dotada de accesorios que garantizan el correcto funcionamiento de ésta. La red fue ubicada en las partes más favorables del relieve y da cobertura a todas las viviendas de la comunidad.

El monto total del proyecto asciende a los C\$ C\$10,317,636.04 equivalentes a \$ 291,458.64 dólares americanos, a una tasa de cambio de \$ 1 equivalente a C\$ 35.40 córdobas al mes de octubre 2021.

El proyecto deberá ser ejecutado cumpliendo cada una de las recomendaciones y medidas de mitigación resultantes del estudio de impacto ambiental.

VI. Recomendaciones

- ✓ Al ente que ejecutará la obra, realizar estudio de suelo en las áreas donde estarán ubicados los tanques de almacenamiento, la pila de recepción y la obra de captación de comunidad El Guineo.
- ✓ A la municipalidad, garantizar talleres y capacitaciones donde se explique y aclare el uso correcto de cada parte del sistema de agua potable, se detallen las formas de mitigar daños al medio ambiente y a los recursos naturales que abarca la obra para garantizar el cuidado y manejo de los sistemas de agua potable.
- ✓ Al ejecutor de la obra, garantizar el cumplimiento de las medidas de mitigación ambientales durante la ejecución del proyecto para evitar daños a la salud y rutina diaria de los pobladores.
- ✓ A la institución, organización o persona jurídica que financiará el proyecto, proteger la parte alta de la cuenca donde se carga el agua del manto acuífero que alimenta las fuentes de agua del proyecto para evitar la contaminación o falta de almacenamiento del recurso hídrico.
- ✓ A la población beneficiada, acatar las medidas de higiene y seguridad, social y cultural que se imparten en las capacitaciones comunales acerca del uso correcto del sistema de agua potable para evitar contaminar el manto acuífero y/o provocar daños a la obra física.
- ✓ A los CAPS, garantizar el mantenimiento y correcta administración de los sistemas de agua potable, de tal forma que se garantice la sustentabilidad de los equipos de acuerdo a los planes de mantenimiento generados por ustedes, con apoyo de la municipalidad.
- ✓ Al ejecutor de la obra, evaluar la construcción futura de un sistema de ósmosis inversa para reducir la conductividad eléctrica del agua en ambas fuentes.

VII. Bibliografía

American Concrete Institute. (2018). *Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary* . EUA: ACI.

Banco Centroamericano de Integración Económica. (21 de Septiembre de 2020). *BCIE*.
Obtenido de BCIE_Acceso a la información :
<https://www.bcie.org/novedades/noticias/articulo/bcie-sistemas-de-agua-potable-y-saneamiento-en-nicaragua-avanza-en-un-96>

CAPRE. (1994). Norma regional CAPRE. En *Normas de Calidad del Agua para el Consumo Humano* (pág. 6). San José, Costa Rica.

Centro de Información e Innovación - Asociación de Desarrollo Social de Nicaragua .
(2016 de Agosto de 2021). *ASDENIC*. Obtenido de <https://www.asdenic.org/wp-content/uploads/2016/08/caps1.pdf>

CONAGUA . (2016). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (18 de Agosto de 2007). Norma oficial Mexicana, Infiltración artificial de agua a los acuíferos- Características y especificaciones de las obras y el agua. *Diario Oficial*, págs. 1-8.

DURMAN . (2015). *Catálogo FT Tubería tipo SDR*.

Empresa nicaraguense de acueductos y alcantarillados. (2021). *Biblioteca ENACAL*.
Obtenido de Caracterizaciones Ciudad Darío, Matagalpa:
<http://biblioteca.enacal.com.ni/bibliotec/Libros/enacal/Caracterizaciones/Matagalpa/CiudadDario.html>

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1996). *FAO*. Obtenido de Environmental impact assessment and environmental auditing in the pulp and paper industry: <http://www.fao.org/docrep/005/v9933e/v9933e00.HTM>

Franklin Electric. (s.f.). *Brochure de bombas sumergibles TRI-SEAL*.

INAA. (1999). *Normas Técnicas para el Abastecimiento de Agua Potable*. Managua.

INAA. (2000). *Diseño de Abastecimiento de Agua en el Medio Rural*. Managua.

Instituto Nacional de Información de Desarrollo. (1995). *INIDE*. Obtenido de <https://www.inide.gob.ni/>

International Institute for Sustainable Development. (s.f.). *IISD Org*. Obtenido de <https://www.iisd.org/learning/eia/es/wp-content/uploads/2016/06/ES-Leopold-Matrix.pdf>

Jack, M. (2011). *Diseño de Concreto Reforzado 8va Edición*. Mexico D.F.: Alfaomega.

Nicaragua, G. d. (29 de Noviembre de 2017). Decreto N°.20-2017. *La Gaceta*, págs. 1-41.

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2005). *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*. Lima.

Perez, S., & Estebanez, C. (2006). *Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*. Cantabria: Universidad de Cantabria .

VIII. Anexos

Relación Diámetro Columna de Bombeo Vs Caudal de Bombeo, (INAA, 2000. Pg. 6.2)

Ilustración VIII-1. Relación Diámetro Columna de Bombeo Vs Caudal de Bombeo

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

Fuente: INAA 2000

Características de bomba de El Guineo (detalle del fabricante Franklin electric)

Ilustración VIII-2. Características de bomba de El Guineo



Imágenes de carácter ilustrativo.

93663512

35FH3S4-PECV

Marca	Franklin Electric
Serie	Tri-Seal High Capacity
Fase	NA
Voltaje (V)	NA
Potencia (HP)	3
Número de Etapas	12
Hilos del Motor	NA

Características del Producto

Categoría	Bombas Sumergibles 4"
Frecuencia	60 Hz
Diámetro de Descarga	2"

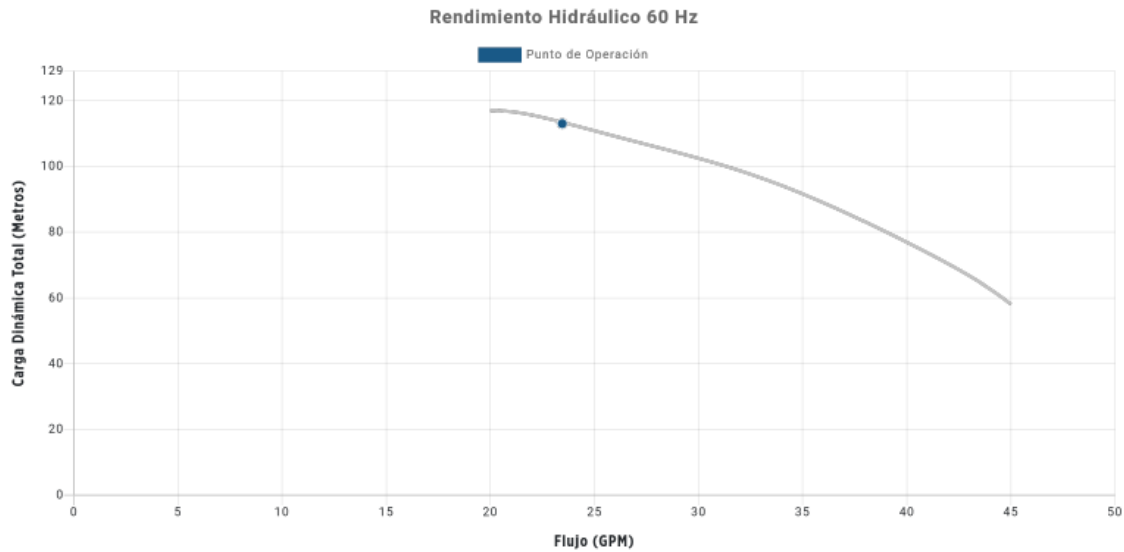
Materiales de Construcción

Material del Impulsor	Noryl
Material de la Carcasa	Acero Inoxidable

Características Hidráulicas

Rango de Flujo	20 - 45 GPM
Rango de Carga Dinámica Total	58-117 Metros

Rendimiento Hidráulico



Fuente: Catalogo de Franklin electric

Características de bomba de El Cristal (detalle del fabricante Franklin electric)

Ilustración VIII-3. Características de bomba de El Cristal



Imágenes de carácter Ilustrativo.

93822025
20FA2S4-PE

Marca	FPS
Serie	Tri-Seal
Fase	NA
Voltaje (V)	NA
Potencia (HP)	2
Número de Etapas	12
Hilos del Motor	NA

Características del Producto

Categoría	Bombas Sumergibles 4"
Frecuencia	60 Hz
Diámetro de Descarga	1.25 "

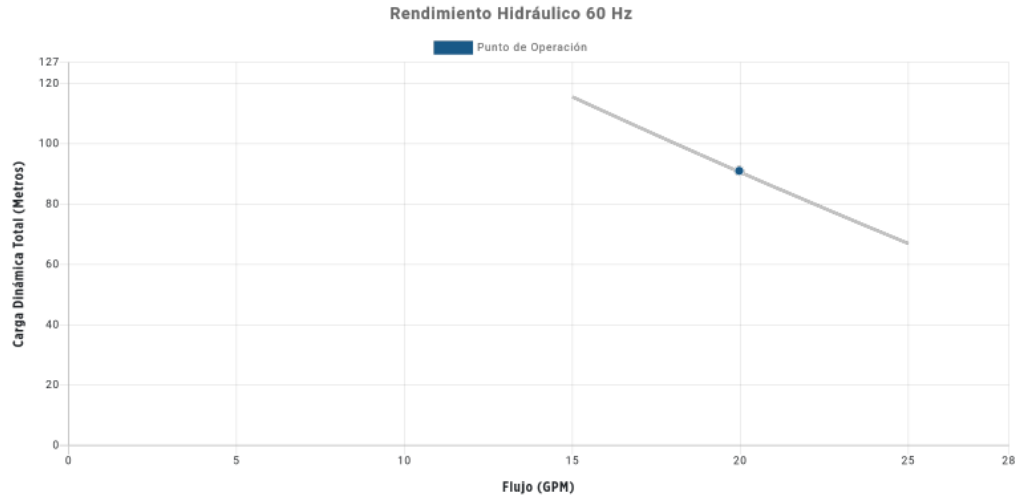
Materiales de Construcción

Material del Impulsor	Celcon
Material de la Carcasa	Acero Inoxidable
Material del Difusor	Noryl con 30% de fibra de vidrio

Características Hidráulicas

Rango de Flujo	15 - 25 GPM
Rango de Carga Dinámica Total	67-116 Metros

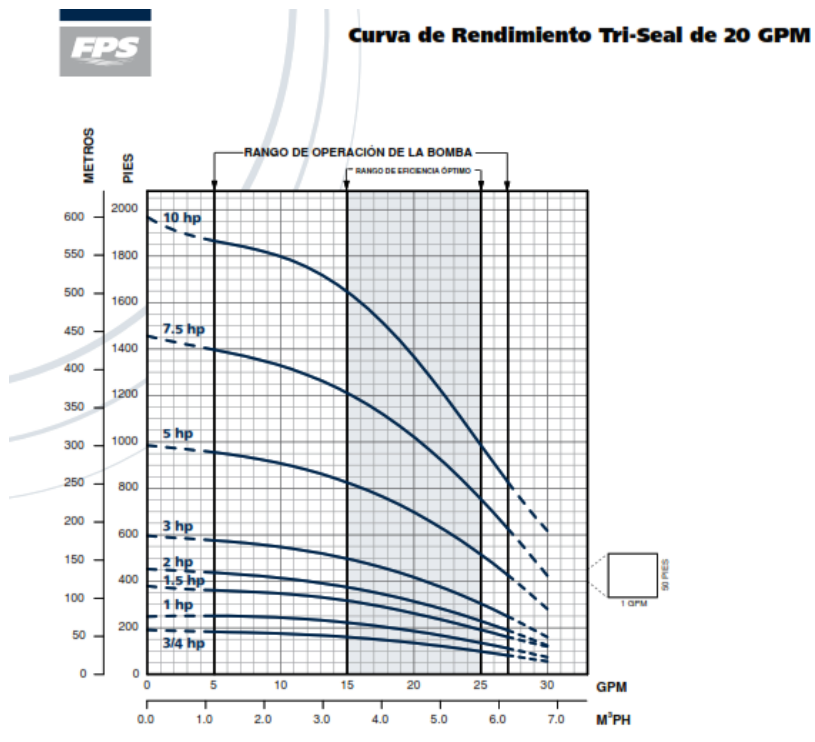
Rendimiento Hidráulico



Fuente: Catalogo de Franklin electric

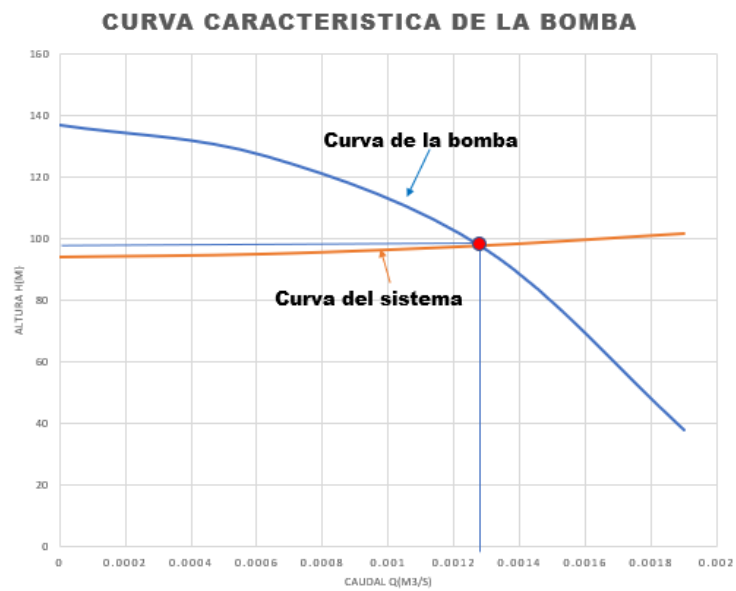
Curva característica de la bomba:

Ilustración VIII-4. Curva característica de las bombas



Fuente: Catalogo de Franklin electric

Gráfico 12. Curva característica de la bomba vs curva del sistema



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-5. Niños trasladando agua hacia sus viviendas.



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-6. Personas trasladando agua para su consumo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-7. Levantamiento topográfico con estación total



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-8. Uso de estación total para realizar levantamiento topográfico



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-9. Pozo El Cristal



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-10. Aforo de una de las vertientes del Ojo de Agua ubicado en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-11. Vertiente No. 01 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-12. Vertiente No. 02 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-13. Vertiente No. 03 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-14. Vertiente No. 04 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-15. Vertiente No. 05 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia

Ilustración VIII-16. Vertiente No. 06 de Ojo de Agua en comunidad El Guineo



Fuente: Elaboración propia