

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA
POTABLE EN EL CENTRO POBLADO CASA BLANCA, DISTRITO
DE SAN GREGORIO – SAN MIGUEL, 2021”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO HIDRÁULICO

Presentado por:

Bach. TACILLA MANTILLA MISAEL

Asesorado por:

Dr. Ing. VÁSQUEZ RAMÍREZ LUIS

CAJAMARCA-PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

A mi madre, por brindarme su confianza y apoyo incondicional en mi formación profesional.

A mi familia y amigos por motivarme e incentivar-me a seguir en mi formación profesional.

A las autoridades del centro poblado de Casa Blanca, por su tiempo, apoyo incondicional y permitir desarrollar mi investigación.

A mi asesor Dr. Ing. Vásquez Ramírez Luis, por su amistad y desinteresado apoyo en el desarrollo de mi tesis con sus amplios conocimientos y criterios sobre el tema.

A mis jurados Al Dr. Ing. Luis Andrés León Chávez; Al Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz; Al Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre, por su aporte y sugerencias que gracias a ello fue posible mejorar y concluir mi trabajo de investigación.

Misael Tacilla Mantilla

DEDICATORIA

A mi Madre, abuelos, mi hija Kiara Caomi, por ser la inspiración y el motivo para seguir adelante.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vii
PALABRAS CLAVES	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
INTERNACIONAL	3
NACIONAL	3
LOCAL	3
2.2. BASES TEÓRICAS	4
2.2.1 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento	4
2.2.2 Captación de pozo artesanos	4
2.2.3 Estación de bombeo	10
2.2.4 Línea de succión	11
2.2.5 Línea de impulsión	12
2.2.6 Reservorio	13
2.2.7 Línea de aducción	15
2.2.8 Red de distribución	16
2.2.9 Tipos de consumo	17
2.2.10 Variaciones de consumo	18
2.2.11 Parámetros hidráulicos	20
2.2.12 Funcionamiento hidráulico de la red de distribución del sistema	21
2.2.13 Elaboración una simulación hidráulica	22
2.2.14 Evaluación del estado de la infraestructura	23
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Descripción de la zona de estudio	24
3.2. Antecedentes históricos del sistema de agua potable Casa Blanca	25
3.3. Materiales, equipos y softwares	25
3.4. Metodología	26

3.5. Procedimiento	26
CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	31
4.1 Reconocimiento e identificación de los componentes del sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca	31
4.2 Evaluación de estado de la infraestructura existente del sistema	33
4.3 Evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable	40
4.3.1 Captación	40
4.3.2 Reservorio	45
4.3.3 Estación de bombeo discontinuo	53
4.3.4 Línea de aducción	58
4.3.5 Red de distribución	58
4.4 Operación y mantenimiento del sistema de agua potable	62
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
5.1 Conclusiones	65
5.2 Recomendaciones	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS:	69
ANEXO N° 1: Imagen satelital en donde se muestran los componentes del sistema de agua potable del centro poblado de Casa Blanca	69
ANEXO N° 2: Registro de los tirantes en el reservorio, diario semanal	70
ANEXO N° 3: Registros de los tirantes en el reservorio, horario en el día de máximo consumo	72
ANEXO N° 4: Tablas de excel del procesamiento y cálculo de volumen de consumo diario	73
ANEXO N° 5: Resumen de volúmenes de consumo diario	75
ANEXO N° 6: Tablas de excel del procesamiento y cálculo de volumen de consumo horario	76
ANEXO N° 7: Encuesta aplicada a los usuarios y junta directiva	77
ANEXO N° 8: Plano del modelamiento estático de la red de distribución del centro poblado de Casa Blanca haciendo uso del software WaterCAD	80
ANEXO N° 10: Ensayo a compresión uniaxial de núcleos de concreto endurecido	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Valores de la trasmisibilidad (T)	8
Tabla N°2: Valores de permeabilidad (K)	8
Tabla N° 3: Valores del coeficiente de almacenamiento (S)	9
Tabla N° 4: Actividades de mantenimiento para reservorios	15

Tabla N° 5: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab/d).....	20
Tabla N° 6: Preguntas de encuesta para la evaluación la operación y mantenimiento del sistema de agua potable.....	30
Tabla N° 7: Tiempo y volúmenes para determinar el caudal de bombeo	40
Tabla N° 8: Abatimiento, y procesamiento de datos en la prueba de bombeo.....	41
Tabla N° 9: Datos y cálculo de la recuperación del pozo	43
Tabla N° 10: Cuadro de lecturas y cálculos	46
Tabla N° 11: Porcentaje de consumo horario	50
Tabla N° 12: Cálculos de caudales de consumo y aporte para 6 horas	52
Tabla N° 13: Resumen de las simulaciones con las horas de bombeo del sistema.....	53
Tabla N° 14: Presiones dinámicas registradas en las viviendas en horario de máximo consumo	59
Tabla N° 15: Reporte de presiones en los nodos según el modelamiento hidráulico estático ...	60
Tabla N° 16: Reporte velocidades en las tuberías según el modelamiento hidráulico estático .	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento	4
Figura N° 2: Niveles del acuífero libre, pozo artesano	5
Figura N° 3: Diagrama de un pozo libre, que presenta las variables hidráulicas.....	5
Figura N° 4: Curva característica teórica de una prueba de bombeo.....	6
Figura N° 5: Recta de Jacob, ajustada a los valores de campo	7
Figura N° 6: Estación de bombeo	10
Figura N° 7: Reservorio de regulación	13
Figura N° 8: Red de distribución abierta	16
Figura N° 9: Red de distribución cerrada	17
Figura N° 10: Gasto de consumo máximo.....	19
Figura N° 11: Gasto de consumo máximo horario	19
Figura N° 12: Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable existente	31
Figura N° 13: Esquema del perfil del pozo Catalino Salazar	33
Figura N° 14: captación pozo artesanal, pozo Catalino Salazar	33
Figura N° 15: Esquema de la instalación de la tubería de succión en el fondo del pozo.....	34
Figura N° 16: Estado de la instalación de la tubería de succión, dentro del pozo	34
Figura N° 17: Módulos de estación de bombeo.....	35

Figura N° 18: Especificaciones técnicas del motor	36
Figura N° 19: Especificaciones técnicas de la bomba	36
Figura N° 20: Vista de perfil y frontal del equipo de bombeo.....	36
Figura N° 21: Línea de impulsión, del sistema de bombeo	37
Figura N° 22: Reservorio de almacenamiento	38
Figura N° 23: Línea de aducción	38
Figura N° 24: Válvula de distribución sin estructura de protección en malas condiciones con fugas	39
Figura N° 25: Válvulas de distribución con estructura de protección, no presenta candado de seguridad y presenta fugas	39
Figura N° 26: Tubería con obstrucción petrificado dentro del diámetro interno de la tubería, de la red de distribución	40
Figura N° 27: Sumergencia en la tubería de succión	54
Figura N° 28: Reconocimiento de la captación del sistema de agua potable, con autoridades locales municipales	82
Figura N° 29: Reconocimiento del reservorio del sistema del agua potable, con apoyo de las autoridades locales municipales	82
Figura N° 30: Tomando las medidas geométricas del reservorio	83
Figura N° 31: Caja de carama de válvulas del reservorio.....	83
Figura N° 32: Instalación del piezómetro en el reservorio	84
Figura N° 33: Midiendo la profundidad total del pozo.....	84
Figura N° 34: Nivel estático del pozo, en su máxima capacidad de almacenamiento	85
Figura N° 35: Evaluando el diámetros y estado de la tubería de impulsión del sistema	86
Figura N° 36: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales conectados después de la construcción del proyecto	86
Figura N° 37: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales de conexiones adicionales después de la ejecución del proyecto y alejadas.....	87
Figura N° 38: Evaluado el diámetro y estado de la red de distribución en las conexiones más bajas.....	87
Figura N° 39: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales principales antiguos	87
Figura N° 40: Tubería expuesta en red de distribución expuesta al paso de quebrada	88
Figura N° 41: Registro de presiones en la última conexión domiciliaria de la red de distribución	88

Figura N° 42: Realizando los registros de las presiones en las casas más cercanas a los nodos de la red de distribución	89
Figura N° 43: Configuración de la base para el levantamiento topográfico con GPS Diferencial	89
Figura N° 44: Levantamiento de la red de distribución	90
Figura N° 45: Levantamiento topográfico de la línea de impulsión y aducción.....	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Relación entre descenso vs volumen de extracción del pozo.....	43
Gráfico N° 2: Descenso residual vs tiempo, recta de Jacob.....	44
Gráfico N° 3: Gráfico del consumo diario, semanal	47
Gráfico N° 4: Gráfico del consumo máximo horario	48
Gráfico N° 5: Hidrograma de consumo horario (% consumo/horas).....	51
Gráfico N° 6: Curva de consumo discontinuo para 6 horas-funcionamiento actual	52

PALABRAS CLAVES

a) Agua potable

Es un líquido incoloro, insípido e inodoro que se puede encontrar en su estado natural o producido a través del proceso de tratamiento de purificación, se utiliza para humanos y animales. (CONAGUA, 2012).

b) Bombeo discontinuo

Se entiende por bombeo discontinuo, al bombeo interrumpido por un cierto tiempo, no continuo durante la prestación de servicio en el día. (MVCS, 2018).

c) Dotación

Cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda. (MVCS, 2018).

d) Variaciones de consumo

Se define a los consumos diferenciados y presentan unas variaciones de consumo, horaria, diaria y anual. (MVCS, 2018).

e) Presión estática

Es la presión en una sección de la tubería cuando, estando en carga, se encuentra el agua en reposo. (MVCS, 2018).

f) Presión dinámica

Presión dinámica o en funcionamiento es la presión interna que aparece en un instante dado en una sección determinada de la red, cuando el sistema está en funcionamiento. (MVCS, 2018).

g) Abatimiento (A):

Se define como a la diferencia entre el Nivel dinámico (ND) y el Nivel estático (NE). (Rodríguez, 2001) .

h) Tarifa de agua

Se define tarifa de agua al gasto económico que representa la prestación del servicio de agua, el cual implica: la administración, operación, mantenimiento del sistema y reparación de las instalaciones. (García, 2009).

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es evaluar el sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca, Distrito de San Gregorio – San Miguel, 2021, el sistema está compuesto por una captación de pozo artesanal, una línea de succión, estación de bombeo, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción y red de distribución mixta, se desarrolló una metodología descriptiva, evaluando el estado de las estructuras, realizando pruebas de bombeo a la captación, aforando los volúmenes de consumo diario y horario en el reservorio, midiendo presiones en las viviendas más cercanas a los nodos de la red de distribución, obtenemos como resultado, que la infraestructura del sistema existente se encuentran en mal estado, el sistema desde el punto de vista hidráulico es funcional en un estado de deterioro, los caudales de consumo son: $Q_m = 0.29 \text{ L/s}$, $Q_{md} = 0.34 \text{ L/s}$, $Q_{mh} = 0.69 \text{ L/s}$, los coeficientes de variación de consumo son: $K_1 = 1.186$, $K_2 = 2.239$, la dotación de la población es de $Dot = 56.18 \text{ L/p/d}$, son aceptables ya que estos valores se aproximan a los estipulados en (MVCS, 2018), el reservorio tiene una capacidad de 20.86 m^3 , aceptable para el funcionamiento en el sistema de bombeo discontinuo, la red de distribución presenta una condición de desempeño inaceptable, las velocidades estáticas simuladas en software WaterCAD son menores a 0.6 m/s , valor que sugiere (MVCS, 2018), la operación del sistema está bajo la responsabilidad de un operador remunerado, contratado por la Jass, el mantenimiento se realiza una vez al año con participación obligatoria de todos los usuarios, los usuarios realizan un pago mensual que asciende un monto de 10.00 soles, en donde no existe usuarios exonerados.

ABSTRACT

The general objective of the present investigation is to evaluate the drinking water system of the Casa Blanca populated center, District of San Gregorio - San Miguel, 2021, the system is composed of an artisanal well catchment, a suction line, a pumping station, impulse line, reservoir, adduction line and mixed distribution network, a descriptive methodology was developed, evaluating the state of the structures, carrying out pumping tests at the intake, gauging the volume of daily and hourly consumption in the reservoir, measuring pressures In the houses closest to the nodes of the distribution network, we obtain as a result that the infrastructure of the existing system is in poor condition, the system from the hydraulic point of view is functional in a state of deterioration, the flows of consumption are: $Q_m = 0.29$ L/s, $Q_{md} = 0.34$ L/s, $Q_{mh} = 0.69$ L/s, the consumption variation coefficients are: $K_1 = 1.186$, $K_2 = 2.239$, the population endowment is $Dot = 56.18$ L/p/d, are acceptable since these values are close to those stipulated in **(MVCS, 2018)**, the reservoir has a capacity of 20.86 m³, acceptable for operation in the discontinuous pumping system, the distribution network presents an unacceptable performance condition, the static speeds simulated in WaterCAD software are less than 0.6 m/s, a value that follows **(MVCS, 2018)**, the operation of the system is under the responsibility of a paid operator, hired by Jass, the maintenance it is carried out once a year with mandatory participation of all users, users make a monthly payment that makes an amount of 10.00 soles, where there are no exonerated users.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El abastecimiento de agua a la población es indispensable para hacer posible el desarrollo de las actividades diarias de los seres humanos, en transcurso del tiempo se ha experimentado métodos que permitan llevar el agua desde una fuente de abastecimiento hasta el punto de consumo de la población, la prestación de este servicio depende de la opción tecnológica que se utilice y en qué condiciones funciona, por ello es necesario evaluar los sistemas de agua potable para garantizar el servicio de saneamiento básico a la población, para poder realizar una planificación adecuada de la prestación de servicio, controlar los volúmenes de agua suministrados en función a la necesidad de la población y no excedan los permisos de las autorizaciones de explotación del recurso.

El centro poblado de Casa Blanca pertenece al distrito de San Gregorio, provincia de San Miguel, se encuentra a una altitud promedio de 285 msnm, está ubicado a 25km de la ciudad de Chepén con acceso de trocha en regulares condiciones.

El sistema de agua potable instalado en el centro poblado de Casa Blanca es por bombeo hasta el reservorio y por gravedad para su distribución a las conexiones domiciliarias, no cuenta con micromedidores por ello el uso que se da al agua es doméstica y riego de parcelas dentro de las viviendas, la red de distribución ha sufrido modificaciones de acuerdo al crecimiento urbano, esto se debe a que la construcción del sistema fue hace 22 años, en consecuencia de esta realidad la prestación del servicio es costoso reflejándose en el malestar de los usuarios, la prestación del servicio son en el horario de 4:30 am a 8:30pm por día.

El objetivo de esta investigación es la evaluación del sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca, distrito de San Gregorio – San Miguel, 202, teniendo como objetivos específicos, evaluar el estado de la infraestructura hidráulica, evaluar el funcionamiento hidráulico y evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable del centro potable de Casa Blanca.

La presente investigación es importante porque se realiza con la finalidad identificar los problemas que existen en el funcionamiento del sistema y ocasiona malestar en los usuarios, la investigación es descriptiva a partir de datos de campo, que permitan determinar el o los motivos por el cual se está realizando esta mala prestación de servicio, considerando que este centro urbano y no cuenta con un servicio de alcantarillado.

Esta investigación se limitará a brindar una evaluación de ingeniería desde el punto de vista hidráulico y se desarrollará en la época de verano en los meses de enero y febrero considerando que el lugar se encuentra en la costa.

La investigación se desarrolla en cinco capítulos, estos son:

Capítulo I: Introducción en donde se plasma la pregunta principal, justificación, los alcances de la investigación, objetivos y la descripción de los contenidos de los capítulos.

Capítulo II: marco teórico en el que se plasma los antecedentes teóricos de la investigación sobre el tema no mayor a 10 años de antigüedad, bases teóricas que sirven de base o fundamento para la investigación y definición de términos básicos.

Capítulo III: materiales y métodos en donde se describe la ubicación geográfica donde se realizó la investigación del área de estudio, época en la cual se realizó la investigación, descripción de los procedimientos realizados en el experimento, Tratamiento y análisis de datos y presentación de resultados.

Capítulo IV: análisis y discusión de resultados en donde se describe y se discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados.

Capítulo V: conclusiones y recomendaciones se derivan de los resultados obtenidos de la investigación realizada; al final se presentan los anexos como planos, tablas utilizadas en el cálculo del modelamiento numérico.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN

INTERNACIONAL

En la investigación: **“Evaluación del sistema de agua potable de la Cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras”**, se evalúa el funcionamiento del sistema de agua potable de esta localidad, concluye que los habitantes de las zonas más alejadas reciben poco caudal y presión de agua en sus hogares, por el bajo caudal de la fuente de abastecimiento a esto se suma el sistema ineficiente, para mejorar la eficiencia del sistema propone, perforar un nuevo pozo, instalar una bomba eléctrica sumergible, tratamiento con desinfección, aireación y filtración, tanque de reserva baja de 185 m³ de capacidad, tanque de reserva alta de 94 m³ de capacidad, así mejorar la cobertura y continuidad de servicio. (Macias, 2016).

NACIONAL

En la investigación: **“Evaluación y determinación del sistema de abastecimiento óptimo de agua potable del barrio Miraflores - Lircay - Angaraes – Huancavelica”**, se expone las condiciones del estado en que se encuentra la infraestructura del sistema, como resultados de su investigación indica que se encuentran en mal estado y no reúne las condiciones para cubrir la necesidad de la demanda de la población por que cumplió su vida útil. (Martinez, 2021).

LOCAL

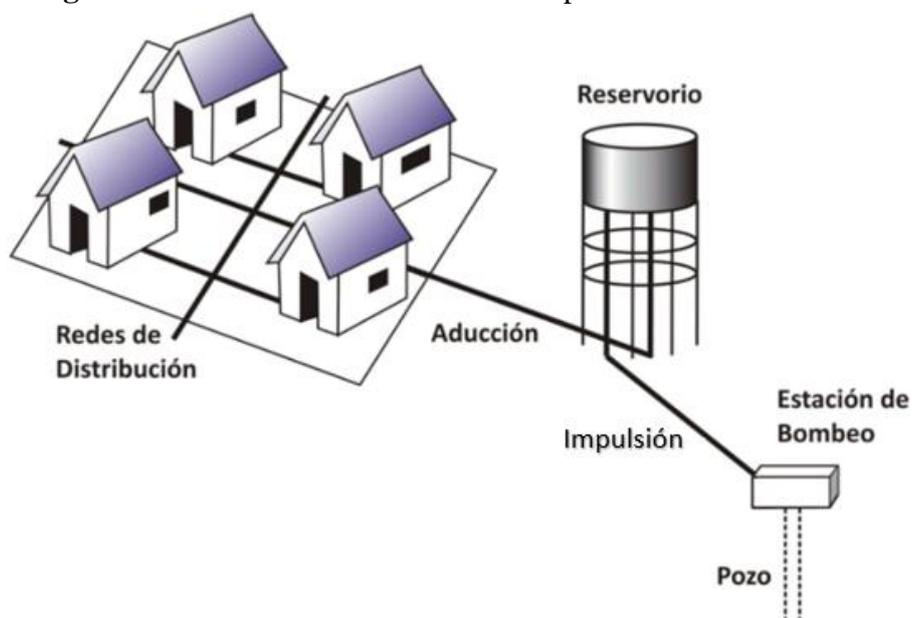
En la investigación: **“Evaluación de los sistemas de agua potable de las localidades que conforman el Centro Poblado Chilimpampa Baja – Cajamarca, 2018”**, se evalúa el estado en el que se encuentra la infraestructura hidráulica, operación y mantenimiento, gestión administrativa y caracterizar los sistemas de agua potable de dicho centro poblado, midiendo presiones con el manómetro en los puntos críticos del sistema, para luego compararlo con el modelamiento de Epanet considerando la demanda de cada vivienda, concluye que el sistema de agua potable es funcional, pero está en proceso de deterioro, recomienda realizar un análisis bacteriológico y cloración debe de ser con más frecuencia. (Cieza, 2021).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1 Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento

La buena calidad de agua que alimenta a este tipo de sistema hace posible su distribución al consumidor sin tratamiento. Sin embargo, el agua debe bombearse para su distribución al usuario final, las estructuras que componen este sistema son: Captación (pozo), estación de bombeo de agua, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción, red de distribución y conexiones domiciliarias, en estos sistemas la desinfección poco exigente, reduce el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua, pero requiere del personal capacitado para operar y mantener sistemas, en consecuencia las prestaciones son costosas y a veces es discontinuo durante el día. (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009).

Figura N° 1: Sistema de abastecimiento por bombeo sin tratamiento



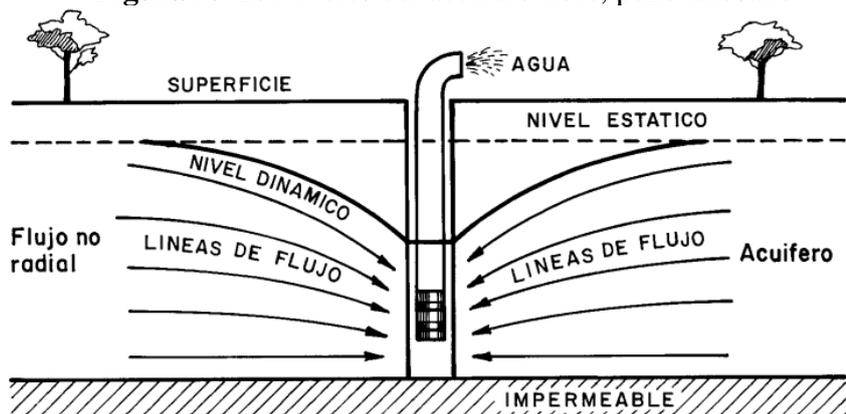
Fuente: Adaptado de (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009), pg.41

2.2.2 Captación de pozo artesanos

Son aquellos que permiten la explotación del agua freática, de acuífero libre. Se construyen con picos y palas, tienen diámetros mínimos de 1.5 m y no más de 30 m de profundidad. (Rodríguez, 2001)

Los pozos excavados se deben proteger contra posibles fuentes de contaminación, con revestimiento con anillos ciegos de concreto del tipo deslizante o fijo, hasta el nivel estático y con aberturas por debajo de él, debe cubrirse con un sello sanitario, que sobresale 0,50 m sobre el piso, con una escalera de acceso hasta el fondo para permitir la limpieza y mantenimiento. (MVCS, 2018).

Figura N° 2: Niveles del acuífero libre, pozo artesano

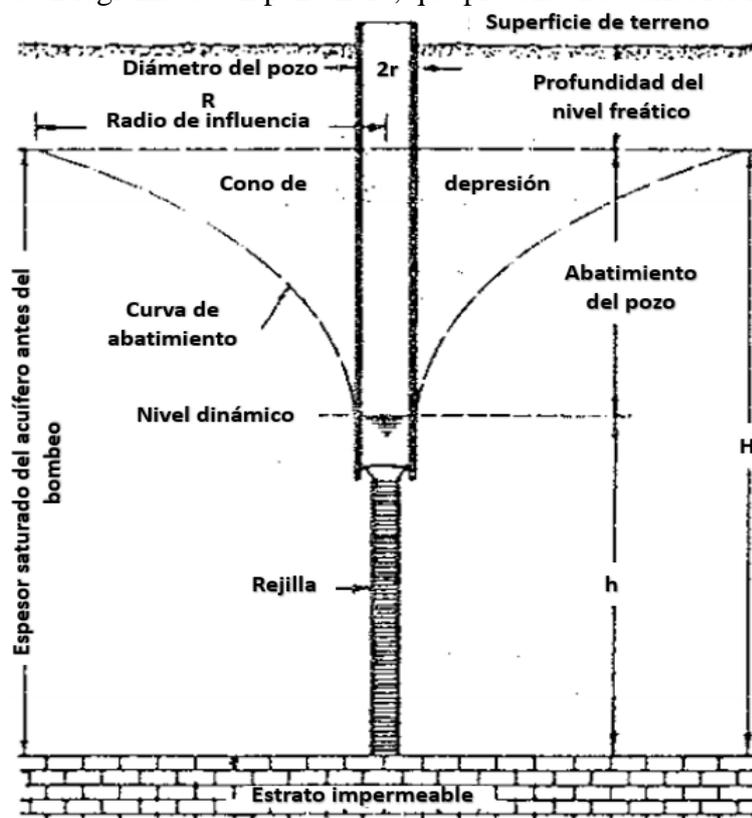


Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), pg.42

Aforo en pozos

Se entiende por aforo a la medición del volumen de agua en un tiempo determinado cuya información es necesaria para determinar el gasto óptimo de explotación del pozo, niveles de operación de los pozos, abatimiento del nivel estático en función del gasto, eficiencia del pozo, caudal mínimo de explotación y así poder tener un adecuado diseño y selección del equipo de bombeo, los resultados de la prueba deben ser expresados en gráficos que relacionan la depresión con los caudales, indicándose el tiempo de bombeo. (Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009).

Figura N° 3: Diagrama de un pozo libre, que presenta las variables hidráulicas



Fuente: (Corcho & Duque, 2005), pg.559

Q: Rendimiento del pozo o caudal de bombeo (m³/d)

K: Permeabilidad de la formación (m/h)

H: Espesor saturado del acuífero, antes del bombeo (m)

h: Profundidad del agua en el pozo, durante el bombeo (m)

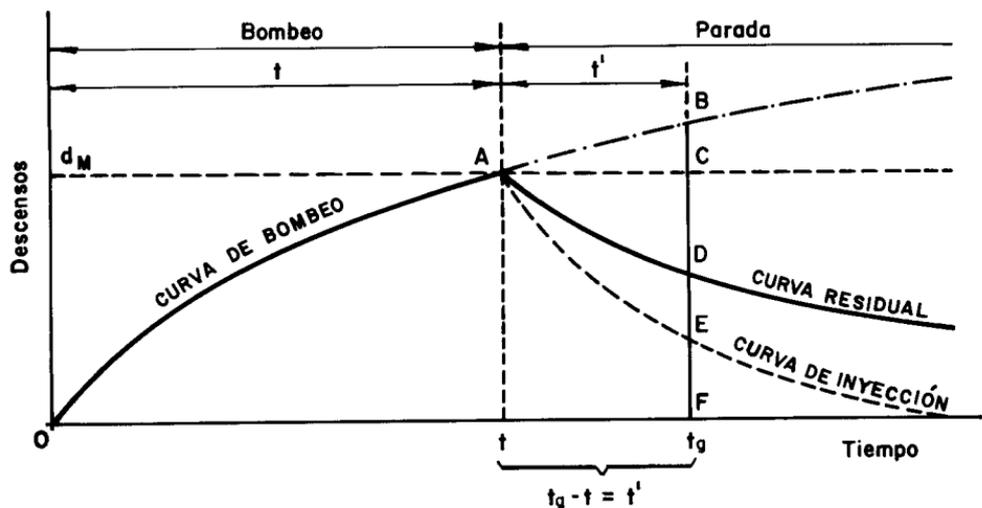
R: Radio del cono de depresión (m)

r: Radio del pozo (m)

$$Q = \frac{1.36K(H^2 - h^2)}{\text{Log}\left(\frac{R}{r}\right)}$$

Ec.1. (Corcho & Duque, 2005)

Figura N° 4: Curva característica teórica de una prueba de bombeo



Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), pg.115

Corrección de Dupuit

Esta corrección consiste en ajustar los datos y corregir errores en la problemática del comportamiento de acuíferos libres, que consiste en corregir un descenso observado por la siguiente fórmula. (Villanueva & Iglesias, 1984).

$$d' = d - \frac{d^2}{2H_0}$$

Ec.2. (Villanueva & Iglesias, 1984)

d: Descenso observado (m)

H₀: Espesor saturado inicial del acuífero (m)

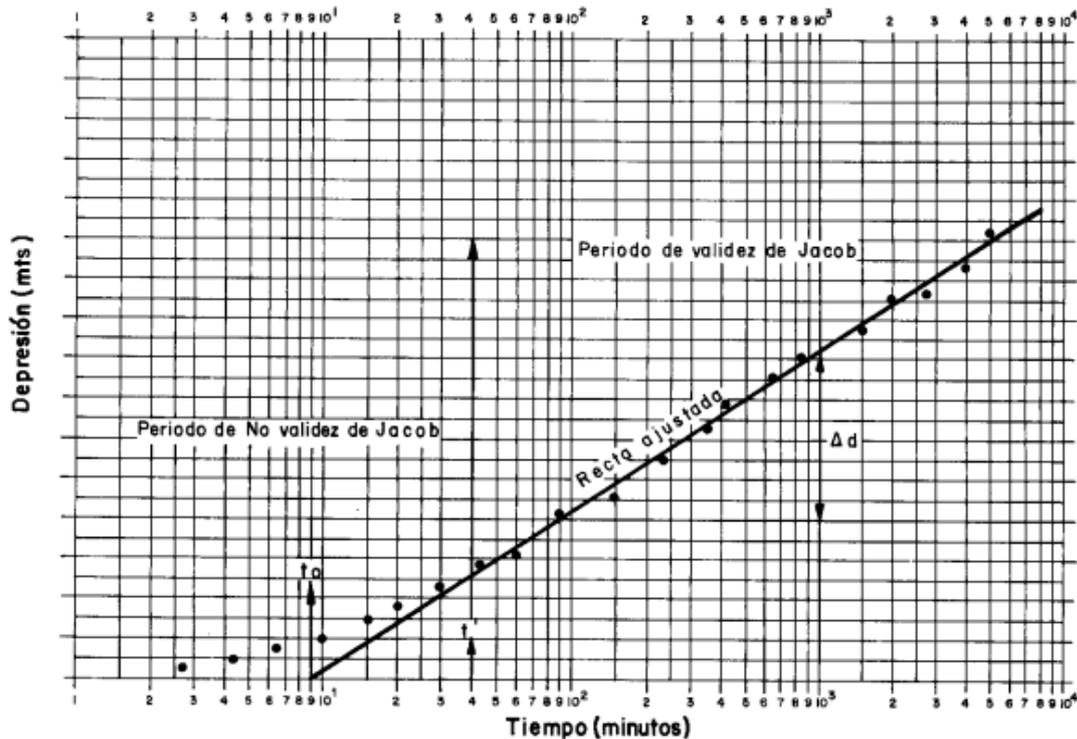
Recuperación del pozo

Los métodos de recuperación consisten en efectuar las interpretaciones del ensayo en base a los datos que se obtienen una vez que el pozo detiene su extracción de agua. A partir de la parada, los niveles empiezan a subir, hasta recuperar total o parcialmente el nivel inicial. (Villanueva & Iglesias, 1984).

Método de Jacob

El método de Jacob es una particularización del método de Theis, cuando las circunstancias del ensayo reúnen determinadas condiciones, no existe recargas anteriores, caudal de bombeo constante, el flujo del agua hacia el pozo es radial, por este método no se requiere ni el uso de tablas no el de las curvas patrón de transparente. (Villanueva & Iglesias, 1984).

Figura N° 5: Recta de Jacob, ajustada a los valores de campo



Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), pg.71

Transmisibilidad (T)

Es el volumen de agua que atraviesa una banda de acuífero de ancho unitario en la unidad de tiempo y bajo la carga de un metro. (Villanueva & Iglesias, 1984).

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta d}$$

Ec.3. (Villanueva & Iglesias, 1984)

T: Transmisibilidad (m²/día)

Q: Caudal de bombeo (m³/d)

Δd: Depresión residual (m)

Tabla N°1: Valores de la transmisibilidad (T)

T (m ² /día)	Calificación estimativa	Posibilidades del acuífero
T < 10	Muy baja	Pozos de menos de 1 l/s con 10 m de depresión teórica.
10 < T < 100	Baja	Pozos entre 1 y 10 l/s con 10 m de depresión teórica.
100 < T < 500	Media a alta	Pozos entre 10 y 50 l/s con 10 m de depresión teórica.
500 < T < 1.000	Alta	Pozos entre 50 y 100 l/s con 10 m de depresión teórica.
T > 1.000	Muy alta	Pozos superiores a 100 l/s con 10 m de depresión teórica.

Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), Pg.21

Permeabilidad (K)

La permeabilidad es el flujo de agua que atraviesa una sección unitaria del acuífero, bajo la influencia de un gradiente unitario, a temperatura de campo. (Villanueva & Iglesias, 1984).

$$K = \frac{T}{b}$$

Ec.4. (Villanueva & Iglesias, 1984)

T: Transmisibilidad (m²/día)

b: Espesor del acuífero (m)

K: Permeabilidad m/día

Tabla N°2: Valores de permeabilidad (K)

K (m/día)	Calificación estimativa
K < 10 ⁻²	Muy baja
10 ⁻² < K < 1	Baja
1 < K < 10	Media
10 < K < 100	Alta
K > 100	Muy alta

Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), Pg.22

Coefficiente de almacenamiento (S)

En el caso de que el acuífero trabaje como libre el coeficiente de almacenamiento representa el volumen de agua que puede ceder un volumen unitario de acuífero, se puede representar en tanto por ciento y coincide con la porosidad eficaz, para condiciones prácticas $u < 0.03$. (Villanueva & Iglesias, 1984).

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Ec.5. (Villanueva & Iglesias, 1984)

T: Transmisibilidad (m²/día)

t₀: Tiempo de intersección con las abscisas en la recta de Jacob (días)

r: Radio de observación (m)

S: Coeficiente de almacenamiento (adimensional).

Tabla N° 3: Valores del coeficiente de almacenamiento (S)

Tipo de material permeable	Forma del funcionamiento del acuífero	Valores de S (medio)
<i>Kárstico:</i>		
Caliza y dolomías jurásicas	Libre	2×10^{-2}
	Semiconfinado	5×10^{-4}
	Confinado	5×10^{-5}
Calizas y dolomías cretácicas y terciarias	Libre	$2 \times 10^{-2} - 6 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	$10^{-3} - 5 \times 10^{-4}$
	Confinado	$10^{-4} - 5 \times 10^{-5}$
<i>Poroso intergranular:</i>		
Gravas y arenas	Libre	$5 \times 10^{-2} - 15 \times 10^{-2}$
	Semiconfinado	10^{-3}
	Confinado	10^{-4}
<i>Kársticos y porosos:</i>		
Calcarentas marinas terciarias	Libre	$15 \times 10^{-2} - 18 \times 10^{-2}$

Fuente: (Villanueva & Iglesias, 1984), Pg.23

Operación y mantenimiento del pozo

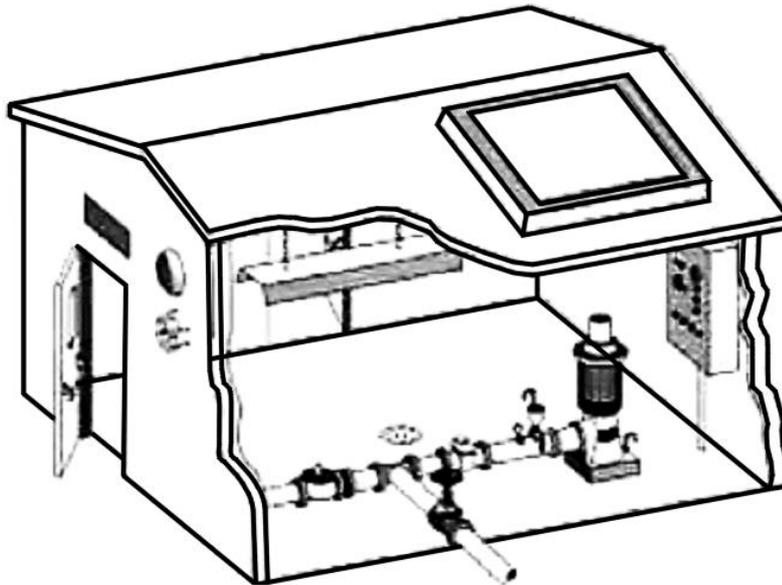
Un aspecto fundamental para lograr una buena sostenibilidad a largo plazo de todo sistema de saneamiento básico es la participación plena de las organizaciones comunales en todas las fases del proceso de la operación del suministro de agua, asimismo es importante realizar trabajos que involucren inspeccionar el estado de la infraestructura y tenga actividades como la inspección, limpieza y mantenimiento del cerco perimétrico, resanar fisuras, grietas en la tapa del pozo, limpieza dentro del pozo para eliminar partículas de arena infiltradas, realizar el mantenimiento del dispositivo de extracción del agua, a pesar que no se requiere un trabajador calificado para llevar a cabo estas tareas, la regularidad y la precisión son vitales y deben garantizarse, esto implica que el área tiene que tener un cerco perimétrico de protección en un buen estado, una superficies de circulación para la operación adecuada, y a su vez es necesario monitorear los efectos del uso del agua subterránea mediante monitoreos medioambientales de las áreas

adyacentes y educar constantemente a los usuarios del agua sobre el funcionamiento del pozo y los vínculos entre la calidad del agua y salud. (Villanueva & Iglesias, 1984).

2.2.3 Estación de bombeo

Son un conjunto de estructuras civiles, equipos electromecánicos, tuberías y accesorios, que toman el agua directa o indirectamente de la fuente de abastecimiento y la impulsan a un reservorio de almacenamiento. (MVCS, 2018).

Figura N° 6: Estación de bombeo



Fuente: (MVCS, 2018), pg.106.

Caudal de bombeo (Q_b):

Se define como el caudal requerido para abastecer al reservorio, en donde interviene una variable adicional que es el número de horas de bombeo, factor asumido para el caso del día de máximo consumo y así ser absorbido mediante una variación del tiempo de bombeo para el día crítico y lograr un diseño más económico. (MVCS, 2018).

$$Q_b = \frac{24}{N} Q_{md}$$

Ec.6. (MVCS, 2018)

Q_b : Caudal de bombeo L/s,

N : Número de horas de bombeo (h),

Q_{md} : Caudal máximo diario L/s.

Altura dinámica total (H_{dt}):

$$H_{dt} = H_g + H_{f_{total}} + P_s$$

Ec.7. (MVCS, 2018)

Hf total: Pérdida de carga (totales)

Ps: Presión de llegada al reservorio/planta (se recomienda 2 m)

Hdt: Altura dinámica total en el sistema de bombeo.

Hg: Altura geométrica, esto es la diferencia de nivel (altura estática total)

Potencia de la bomba:

$$Pot. Bomba = \frac{Qb * Ht}{76 * \epsilon}$$

Ec.8. (MVCS, 2018)

Pb: Potencia del equipo de bombeo en HP

Qb: Caudal de bombeo (L/s)

Ht: Altura dinámica total(m)

ε: Eficiencia Teórica 70% a 90%

Operación y mantenimiento

En general, las estaciones de bombeo deben tener forma en planta rectangular, todos los compartimentos deben ser accesibles, debiendo tener capacidad para poder realizar actividades de operación y mantenimiento como extraer o introducir los equipos instalados en caso de avería o sustitución, el manejo del sistema de la estación de bombeo se debe realizar por un personal capacitado para poder operar el funcionamiento del mismo durante y después del bombeo de agua, el mantenimiento se debe realizar de manera periódica, verificando el estado y funcionamiento de válvulas, línea de succión, impulsión y sensores que controlan el encendido o apagado de la bomba en el caso que el nivel dinámico del pozo descienda de nivel extremo y provoque que la bomba succione aire, estas actividades son importantes y un especialista siempre debe orientar y capacitar al operador de su funcionamiento del sistema, ya que las horas de operación permitirán evaluar la conveniencia de proceder a mejorar la eficiencia del sistema. (CONAGUA-, 2007).

2.2.4 Línea de succión

En la succión se recomienda una velocidad entre 1,2-1,8 m/s. La canastilla de succión debe estar como mínimo a 0,30 – 0,50 m por debajo del nivel de flotación de la balsa para garantizar la mejor calidad. Se debe colocar en la succión una tubería rígida capaz de

soportar la fuerza del agua, con una válvula de pie en su parte inferior, que permita el flujo del agua captada y evite el cebado de la bomba, para la impulsión se debe utilizar una manguera flexible con refuerzo interior metálico, cuando se emplean bombas centrífugas de eje horizontal se debe verificar la sumergencia, esto es el desnivel entre el nivel mínimo de agua en el cárcamo y la parte superior del colador o criba. (MVCS, 2018).

Sumergencia mínima:

$$S = 2.5 * D + 0.1$$

Ec.9. (MVCS, 2018)

$$S > 2.5 * \left(\frac{V^2}{2g}\right) + 0.20$$

Ec.10. (MVCS, 2018)

S: Sumergencia mínima (m)

D: Diámetro en la tubería de succión(m)

V: Velocidad del agua (m/s)

g: Aceleración de la gravedad (m/s²)

2.2.5 Línea de impulsión

Se define al caso cuando la fuente de abastecimiento se encuentra a un nivel inferior al depósito o a la población, el agua captada se impulsa por bombeo. Cuando se llega a este caso, se elige el diámetro adecuado mediante un análisis económico. Los diámetros pequeños dan como resultado caídas de presión más altas y costoso la operación debido a la necesidad de usar bombas de cabeza alta para superar las pérdidas. Por el contrario, los diámetros de tubería más grandes dan como resultado caídas de presión más bajas y alturas de elevación de agua más bajas, lo que se traduce en costos de bomba más bajos. (Rodríguez, 2001).

Para elegir un diámetro adecuado de la tubería se debe tomar en cuenta la velocidad a la que trabaja dentro de la tubería, si existe baja velocidad ocasiona sedimentación de partículas, pero si existe velocidades ocasiona vibraciones, altas pérdidas de carga y costo elevado de operación, la velocidad no debe ser inferior a 0,60 m/s y no superior a 2 m/s. (MVCS, 2018).

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{1/4} * Qb^{0.45}$$

Ec.11. (MVCS, 2018)

V: Velocidad del agua a través de la tubería (m/s)

D: Diámetro interior aproximado(m).

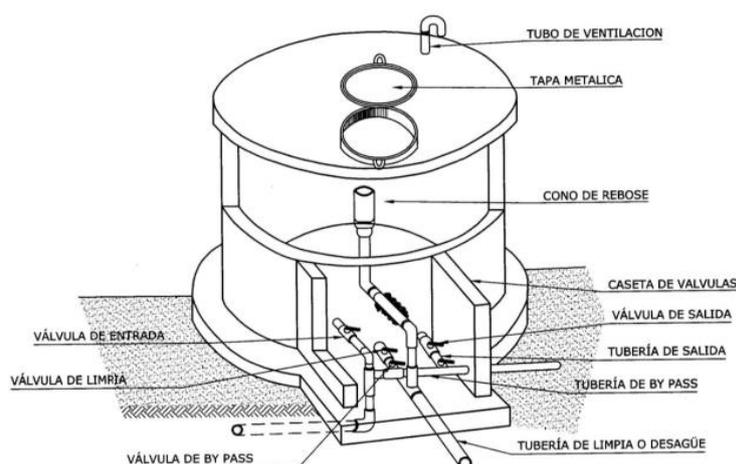
Qb: Caudal de bombeo igual al caudal del diseño (m3/s).

N: Número de horas de bombeo al día

2.2.6 Reservorio

Es una estructura destinada al almacenamiento de agua antes de su distribución. Su función es regular las variaciones en el consumo de la población en el transcurso de un día, generalmente en los reservorios se desinfecta el agua. **(Barrios, Torres, Cristina, & Roger, 2009).**

Figura N° 7: Reservorio de regulación



Fuente: (Garcia, 2009), pg.50.

Partes del reservorio de regulación:

- **Tanque de almacenamiento** estructura de concreto armado de forma circular o cuadrada, que sirve para almacenar y clorar el agua, el volumen de almacenamiento debe ser del 25% del caudal medio (Qm), siempre que el suministro de agua de la fuente sea continuo. Si el suministro es discontinuo, la capacidad debe ser como mínimo del 30% de Qm, La presión de llegada al reservorio se recomienda 2m. **(MVCS, 2018).**
- **Tubería de entrada**, tubería PVC que permite la entrada de agua al tanque de almacenamiento, la tubería de entrada debe disponer de un mecanismo de regulación del llenado, generalmente una válvula de flotador, debe disponer de un

Grifo que permita la extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua. (MVCS, 2018).

- **Tubería de salida**, tubería PVC que permite la salida de agua del tanque de almacenamiento, a la línea de aducción, la tubería de salida debe disponer de una canastilla y el punto de toma se debe situar 10 cm por encima de la solera para evitar la entrada de sedimentos. (MVCS, 2018).
- **Tubería de rebose o de limpia**, disponer de una tubería de rebose, conectada a la tubería de limpia, para la libre descarga del exceso de caudal en cualquier momento, su función principal es eliminar el agua excedente y para realizar el mantenimiento del tanque de almacenamiento, el diámetro de la tubería de limpia debe permitir el vaciado en 2 horas. (MVCS, 2018).
- **Caseta de válvulas**, es una estructura de concreto y/o mampostería que alberga el sistema hidráulico del reservorio, provista de una tapa metálica que protege las válvulas, la caseta de válvulas debe tener un desagüe para evacuar el agua que pueda verterse. (MVCS, 2018).
- **Tapa sanitaria**, es una tapa metálica, permite el ingreso al interior del tanque de almacenamiento, para realizar las labores de limpieza y desinfección. (MVCS, 2018).
- **Tubería de ventilación**, las tuberías de ventilación del reservorio deben ser de dimensiones reducidas para impedir el acceso a hombres y animales, permite la circulación del aire, tiene una malla que evita el ingreso de cuerpos extraños al tanque de almacenamiento. (MVCS, 2018).
- Se debe instalar una **tubería o bypass**, con dispositivo de interrupción, que conecte las tuberías de entrada y salida, pero en el diseño debe preverse sistemas de reducción de presión antes o después del reservorio con el fin de evitar sobre presiones en la distribución. No se debe conectar el bypass por períodos largos de tiempo, dado que el agua que se suministra no está clorada. (MVCS, 2018).
- Se debe proteger el perímetro del reservorio mediante cerramiento de fábrica o de valla metálica hasta una altura mínima de 2,20 m, con puerta de acceso con cerradura. (MVCS, 2018).

Operación y mantenimiento del reservorio

La operación es el conjunto de acciones adecuadas y oportunas que se efectúan para el funcionamiento en forma continua y eficiente el reservorio, para poner en operación, abrir la válvula de entrada al reservorio y la salida hacia la red de distribución, cerrar la válvula del by pass y de desagüe o limpia, la operación se realiza luego de la limpieza y desinfección de la parte interna del depósito de almacenamiento, el mantenimiento se realiza con la finalidad de prevenir o corregir daños que se produzcan en las instalaciones, de manera preventiva y correctiva, se recomienda las actividades de mantenimiento según cuadro adjunto. (Agüero R. , 2004).

Tabla N° 4: Actividades de mantenimiento para reservorios

FRECUENCIA	ACTIVIDADES	HERREMIENTAS Y MATERIALES
MENSUAL	<ul style="list-style-type: none">- Maniobrar las válvulas de entrada, salida y rebose para mantenerlas operativas.- Reponer el cloro en el hipoclorador.	
TRIMESTRAL	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar piedras y malezas de la zona cercana al reservorio.- Limpiar el dado de protección de la tubería de limpia y desagüe y, el emboquillado del canal de limpia.- Limpiar el canal de escurrimiento.	<ul style="list-style-type: none">- Pico, lampa, machete.- Balde graduado en litros, reloj y libreta de campo.
SEMESTRAL	<ul style="list-style-type: none">- Limpiar y desinfectar el reservorio.- Lubricar y aceitar las válvulas de control.- Revisar el estado general del reservorio y su protección, si es necesario resanarlo.- Verificar el estado de la tapa sanitaria y de la tubería de ventilación.- Proteger con pintura anticorrosiva las válvulas de control.- Pintar las escaleras del reservorio.	<ul style="list-style-type: none">- Escobilla, escoba, brocha, lija.- Hipoclorito, pintura, cemento, arena.
ANUAL	<ul style="list-style-type: none">- Mantener con pintura anticorrosiva todos los elementos metálicos.- Pintar las paredes externas y el techo del reservorio.	<ul style="list-style-type: none">- Brocha, lija, pintura

Fuente: (Agüero R. , 2004), pg.12.

2.2.7 Línea de aducción

Se define como línea de aducción a la tubería instalada desde el reservorio hasta el inicio de la red de distribución, con capacidad de conducir el caudal máximo horario. (García, 2009).

La línea de aducción tendrá capacidad para conducir como mínimo, el caudal máximo horario (Q_{mh}), las velocidades no deben ser menores a 0,6 m/s y máxima a 3,0 m/s. El diámetro mínimo de la línea de aducción es de 25 mm (1") para el caso de sistemas rurales, la presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante. (MVCS, 2018).

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q_{mh}}{\pi * V}}$$

Ec.12. (MVCS, 2018)

D: Diámetro de la tubería de aducción (m)

V: Velocidad del agua (m/s)

Q_{mh}: Caudal máximo horario (L/s)

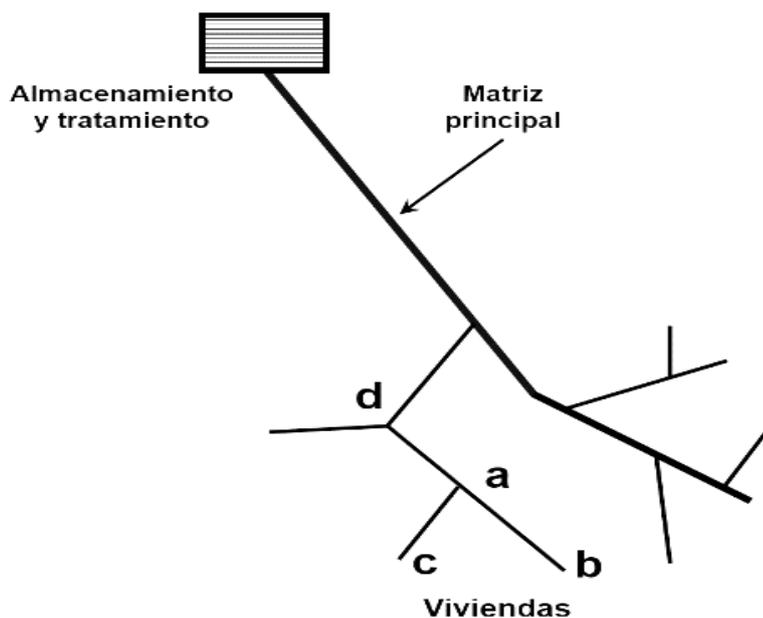
2.2.8 Red de distribución

La red de distribución está compuesta por un conjunto de tuberías, de igual o diferentes diámetros con una capacidad de suministrar el agua en cantidad y calidad a los usuarios, en poblados rurales no se incluye dotación adicional para combatir incendios, la red de distribución tendrá la capacidad de conducir el caudal máximo horario (Q_{mh}). (MVCS, 2018).

Red de distribución abierta

Consiste básicamente de una tubería principal que se instala en la zona de mayor consumo, disminuyendo de diámetro a medida que se aleja de la fuente o del tanque de regularización, de esta tubería parten otras de menor diámetro llamadas secundarias o de relleno para completar la red, esta red tiene la forma de esqueleto de pescado, se recomienda para localidades pequeñas, donde la población es muy dispersa (rancherías, localidades rurales, etc.). (Rodríguez, 2001).

Figura N° 8: Red de distribución abierta

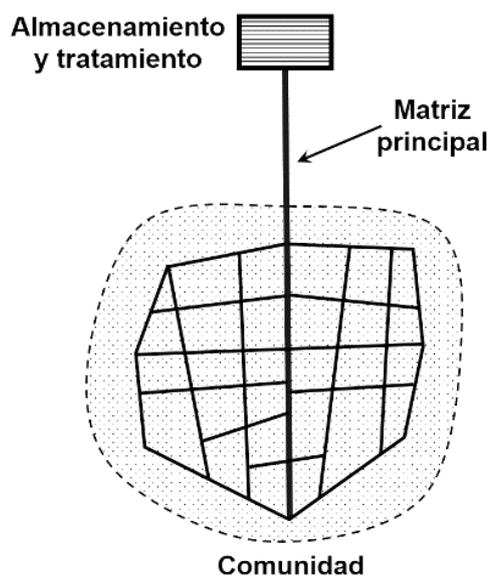


Fuente: (USAID, 2016), pg.34.

Red de distribución cerrada

Es un conjunto de tuberías enterradas en una calle urbana y de ella salen las tomas domiciliarias que llevan el agua hasta la puerta de la casa del usuario. Está formado por tubería principal, también conocido como tubería de circuitos y el tubo secundarias o tubo de relleno que deriva de la tubería principal, la fuente de alimentación de los tramos a la red se da por diversos lados, evitando recesión de agua. **(Rodríguez, 2001).**

Figura N° 9: Red de distribución cerrada



Fuente: (USAID, 2016), pg.34

2.2.9 Tipos de consumo

Consumo doméstico

El consumo doméstico varía según los hábitos higiénicos de la población, nivel de vida, grado de desarrollo, abundancia y calidad de agua disponible, condiciones climáticas, usos y costumbres, etc. Es difícil establecer una cifra como puede apreciarse; sin embargo, en nuestro país se estima que el consumo de agua para uso doméstico anda entre 75 y 100 lts/hab/día, la cantidad básica para el consumo doméstico, que incluye necesidades fisiológicas, usos culinarios, lavado de ropa y utensilios, sistemas de calefacción y acondicionamiento de aire, riego de plantas y jardines privados, aseo de la vivienda, etc. **(Rodríguez, 2001).**

Consumo público

Este consumo se refiere al de los edificios e instalaciones públicas tales como: escuelas, mercados, hospitales, rastros, cuarteles, riego de calles, prados, jardines, servicio contra

Incendios, lavado de redes de alcantarillado. Este consumo es variable, pero en nuestro país puede estimarse entre el 20 y 30 % del consumo doméstico. El consumo público normalmente es excesivo debido a descuidos, pues el desperdicio en tales usos públicos se debe a daños en tuberías, llaves o accesorios cuya reparación inconscientemente se retarda. **(Rodríguez, 2001).**

Consumo industrial

Depende del grado de industrialización y del tipo de industrias, grandes o pequeñas. las zonas industriales en muchos casos conducen a un desarrollo urbanístico que trae como consecuencia un aumento en el consumo del agua. En el consumo industrial del agua, influye la cantidad disponible, precio y calidad. En general las grandes industrias se abastecen en forma particular de sus propios sistemas sin gravitar sobre el sistema general de la población. **(Rodríguez, 2001).**

Consumo comercial

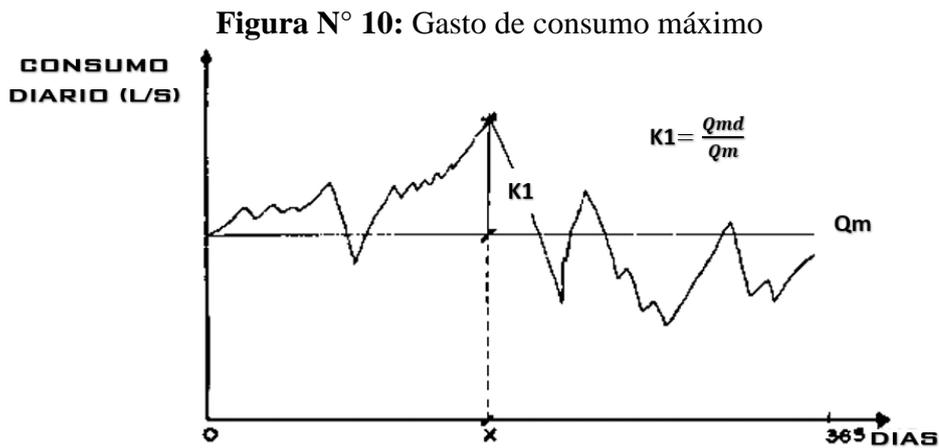
Depende del tipo y cantidad de comercio tanto en la localidad como en la región. **(Rodríguez, 2001).**

2.2.10 Variaciones de consumo

El consumo del agua en saneamiento no es constante a lo largo de todo del año, se presentan deferencia de consumo mensual, diario y horario, según la temperatura, lugar, actividades de la población, etc. Para determinar estos valores es necesario utilizar coeficientes de consumo diaria y horaria. Un sistema es eficiente cuando es diseñado en función a las variaciones de consumo de la población y su funcionamiento logra satisfacer la máxima demanda por parte de la población. **(Rodríguez, 2001).**

Variación diaria

Las estadísticas demuestran que hay días del año con consumos mayores y otros con consumos menores con relación al consumo promedio diario, esto depende de factores como: temperatura, distribución de lluvias en la región, actividades de la población, etc. Para obtener un valor representativo de este valor, se utiliza un valor numérico adimensional denominado coeficiente de variación diaria. **(Rodríguez, 2001).**



Fuente (Agüero P. R., 1997),pg.25

La variación de consumo diario se presenta por la variable K1, que se expresa como la relación entre el caudal máximo diario de consumo sobre el caudal medio diario.

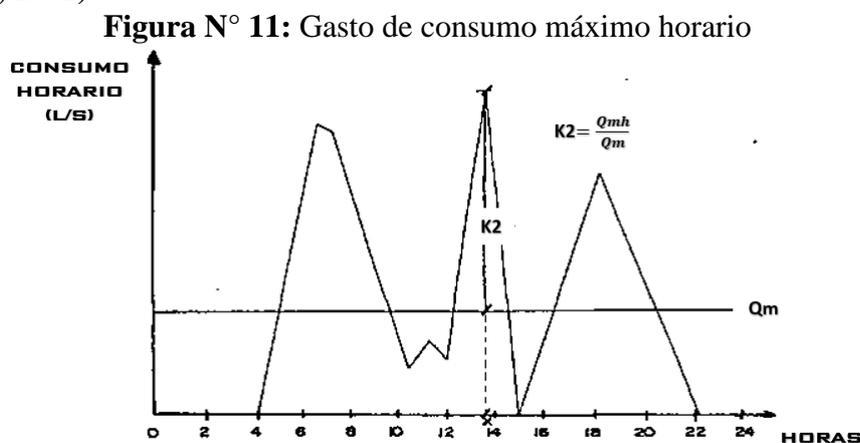
$$k1 = \frac{\text{caudal máximo diario}(Qmd)}{\text{Caudal medio diario}(Qm)}$$

Ec.13. (MVCS, 2018)

Según el (MVCS, 2018), para la elaboración de proyectos de inversión pública de agua y saneamiento recomienda utilizar $K1 = 1.3$, para variación de consumo diaria.

Variación horaria.

Existen también variaciones horarias con respecto al gasto máximo diario, el cual no es consumido por la población en forma constante durante las 24 horas del día, pero determinados lapsos serán mayores o menor que el gasto máximo diario, para poder satisfacer las demandas máximas durante el día, se debe incrementar el valor del gasto máximo diario de un coeficiente que cubra esas demandas máximas horarias. (Rodríguez, 2001).



Fuente: (Agüero P. R., 1997), pg.43

La variación de consumo horario se presenta por la variable K2, que se expresa como la relación entre el caudal máximo horario de consumo sobre el caudal medio diario.

$$k_2 = \frac{\text{caudal máximo horario}(Q_{md})}{\text{Caudal medio diario}(Q_m)}$$

Ec.14. (MVCS, 2018)

El (MVCS, 2018), recomienda asumir el valor de **K2** no menor a **1.8** y no mayor a **2.5**, para elaboración de proyectos de inversión pública de agua y saneamiento.

2.2.11 Parámetros hidráulicos

Población de diseño

La cantidad de la población actual se toma de la información proporcionada por los gobiernos locales y están asociados con los censos y con el conteo de viviendas y considerando los criterios indicados en el capítulo de información básica. (Garcia, 2009).

Densidad poblacional

Es la relación entre la población total entre el número de viviendas habitadas por la población en estudio.

$$\text{densidad poblacional} = \frac{\text{población actual}}{\text{número de viviendas}}$$

Ec.15. (Megia, Castillo, & Vera, 2016)

Dotación de agua

Se define como la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, su selección depende del tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas sea seleccionada y aprobada bajo los criterios establecidos según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implementen. (MVCS, 2018).

Tabla N° 5: Dotación de agua según opción tecnológica y región (l/hab/d)

REGION	DOTACION SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLOGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRAULICO (COMPOSTERA Y HOYOS SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRAULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Fuente: (MVCS, 2018), pg.31.

Caudal medio

Cantidad de agua requerida por un habitante en un día cualquiera del año de consumo promedio. (Rodríguez, 2001).

$$Q_m = \frac{PdxDot}{86400}$$

Ec.16. (MVCS, 2018)

Q_m: Caudal medio diario L/s.

Pd: Población de diseño en habitantes (hab)

Dot: Dotación en l/hab/día

86400: Segundos que tiene un día

Caudal máximo diario

Referido al máximo gasto diario requerido para satisfacer las necesidades de una población en un mes de consumo. (CONAGUA, 2012).

$$Q_{md} = K_1 \times Q_m$$

Ec.17. (MVCS, 2018)

Q_{md}: Caudal máximo diario L/s.

K₁: Coeficiente de caudal máximo diario

Q_m: Caudal medio diario L/s.

Caudal máximo horario

Referido al máximo gasto horario requerido para satisfacer las necesidades de una población en el día. (CONAGUA, 2012).

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m$$

Ec.18. (MVCS, 2018)

Q_{md}: Caudal máximo horario L/s.

K₂: Coeficiente de caudal máximo horario

Q_m: Caudal medio diario L/s.

2.2.12 Funcionamiento hidráulico de la red de distribución del sistema

Respecto a la red de distribución, debe de tener un diseño consiste en la adecuada localización de las tuberías principales y secundarias, así como la acertada elección de sus diámetros con presiones requeridas en todas las zonas por abastecer y,

Fundamentalmente, el costo más bajo posible, dependiendo de la topografía y la Planimetría de la localidad, el gasto por distribuir (en todos los casos debe ser el gasto máximo para la hora de mayor consumo), la ubicación del tanque de regularización con relación a la superficie del suelo y la propia red, así como la procedencia del agua, la distribución puede adoptar diferentes tipos y formas. **(Rodríguez, 2001)**.

a) Caudal de diseño

Las redes de distribución se deben diseñar para el caudal máximo horario (Q_{mh}). **(MVCS, 2018)**.

b) Diámetro mínimo

Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm (¾”) para ramales. **(MVCS, 2018)**.

c) Velocidad

La velocidad mínima en la tubería de la red de distribución no debe ser menor de 0,60 m/s. En ninguna circunstancia pueden presentarse velocidades inferiores a 0,30 m/s. **(MVCS, 2018)**.

d) Presión

La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a y la presión estática según modelamiento hidráulico no debe ser mayor de 60 m.c.a. **(MVCS, 2018)**.

2.2.13 Elaboración una simulación hidráulica

WaterCAD es un software de modelado de información para el análisis y diseño de sistemas de distribución de agua, desarrollando diferentes pasos para crear un modelo de simulación de una red de distribución de agua, haciendo énfasis en algunas herramientas con las que cuenta WaterCAD, el primer paso consiste en construir un dibujo, en el segundo paso es alimentar los elementos del mismo con la información física, consumo de agua, operación y condiciones de frontera, requerida para las simulaciones, en el tercer paso, consiste en la creación de escenarios y alternativas que permiten al usuario modelar un número infinito de soluciones de una manera rápida y organizada dentro de un solo modelo, el cuarto paso, consiste la ejecución de la simulación para obtener resultados, en el quinto paso, consiste en la interpretación de resultados, entre los cuales podemos enumerar caudales, presiones, gradientes hidráulicos y niveles de tanques para cada escenario simulado. **(Bentley, 2005)**.

2.2.14 Evaluación del estado de la infraestructura

El buen funcionamiento hidráulico de un sistema depende del desempeño de los componentes que los integran, tales como Captación (pozo), estación de bombeo de agua, línea de impulsión, reservorio, línea de aducción y red de distribución, en este sentido es importante resaltar, que para que funcione con buen desempeño las infraestructuras deben de estar bien diseñadas tanto estructuralmente e hidráulicamente, en ese sentido es importante evaluar el estado de las estructuras que componen el sistema de abastecimiento de agua potable y así gestar una buena prestación de servicio. (CONAGUA, 2012).

a) Captación

La evaluación de la captación al ser una fuente subterránea artesanal, se evaluará el revestimiento de las paredes internas del pozo, si existe presencia de suciedad, obstrucciones, erosión, corrosión, sedimento en el fondo del pozo, evaluar el estado de los anclajes macizos de la instalación sanitaria, tapa sanitaria, cerco perimétrico, fisuras, pintura, anomalías de deterioro.

b) Sistema de bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por tuberías, accesorios y equipos, para evaluarlos se toman en cuenta, fisuras en módulos, parches en tuberías, fugas en uniones, soportes, anclajes, que nos permitan describir la realidad del estado del sistema de bombeo.

c) Reservorio

El estado de reservorio se evaluará en forma descriptiva y experimental como, parches, terrajeros, pinturas, resistencia del concreto, accesorios fugas, seguros de tapas sanitarias, cerco perimétrico.

d) Línea de aducción

La línea de aducción se evaluará el material de la tubería, accesorios, fugas, parches, exposición de peligros, diámetro interno de la tubería.

e) Red de distribución

La red de distribución, se evaluará el material, accesorios, parches, fugas, diámetros internos de la tubería.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.Descripción de la zona de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica del área de estudio

El centro poblado Casa Blanca se ubica en el distrito de San Gregorio, provincia de San Miguel, departamento de Cajamarca, se encuentra a una altitud de 287 m.s.n.m. (Altitud de la plaza de armas), según la clasificación de las regiones naturales del Perú sustentado por el Dr. Javier Pulgar Vidal, Casa Blanca se encuentra en la región costa, en el límite de la región de región de Cajamarca y la Libertad, en las coordenadas UTM, N: 9211831, E: 690649, el acceso al centro poblado Casa Blanca, es por la zona urbana de la ciudad de Chepén a una distancia de 25km por una de trocha en regulares condiciones.

3.1.2 Población

Lamentablemente no existe censos poblacionales cada año o en un período más corto comparado al INEI que realizó los censos en el año 2007 y 2017, según INEI en el Censo Nacional 2007 realizado por el **INEI**, Casa Blanca cuenta con 400 habitantes, y en el año 2017 en el Censo Nacional realizado por el **INEI**, Casa Blanca cuenca con 247 habitantes, según el padrón de asociados de la juntas administradoras de servicios de saneamiento de Casa Blanca, cuenta con 124 asociados/usuarios de agua potable, y total de 446 habitantes, lo que resulta una relación de habitantes por vivienda de 3.59 habitantes por vivienda, datos reales actualizados al año 2021.

3.1.3 Clima

El clima que presenta el centro poblado Casa Blanca es variado debido a la altitud que es de 285 m.s.n.m; como no se cuenta con estación meteorológica, los datos de identificación climática son aproximados y referenciales a zonas cercanas de perfil similar, se determina que la temperatura sufre mucha variabilidad, entre 12°C y 20°C, con un promedio anual de 13°C, sus temperaturas máximas se dan en los meses de enero y febrero 20C° a 30C°, de clima templado seco, con escasas precipitaciones pluviales.

3.1.4 Topografía

La topografía llana presenta pendientes de 2% a 5%, su suelo es plano, presenta cerros pequeños y lomas de poca altura, planicies más o menos extensas. Casa Blanca

Está situada en las regiones costa, el terreno de la zona presenta una topografía plana, se observa un suelo del tipo grava limosa, arcillosa con presencia de arenas.

3.2. Antecedentes históricos del sistema de agua potable Casa Blanca

En la actualidad el abastecimiento de agua del centro poblado Casa Blanca es mediante sistema entubado, construido por la Vigencia de la Primaria en Modernización Atención el Proceso del Sector Salud (**APRISABAC**) en el año 1999, que consiste en extraer agua del subsuelo, mediante una captación a través de un pozo artesanal y bombear el agua a un reservorio de almacenamiento, para distribuir a las viviendas por gravedad, la operación y mantenimiento del sistema está a cargo de la juntas administradoras de servicios de saneamiento, como único responsable de la prestación de servicio, a pesar que esta responsabilidad recae en la municipalidad distrital de San Gregorio.

3.3. Materiales, equipos y softwares

3.3.1 Materiales

- Formatos que no permiten registrar los datos para la evaluación del estado de la infraestructura existente del sistema de agua potable.
- Formatos que nos permitan registrar variables como: abatimiento de la captación (pozos), aforo del pozo, aforos de máximo consumo, horario y diario en el reservorio, presión en los nudos de la red de distribución.
- Formatos de encuestas para recopilar la información sobre la operación y mantenimiento del sistema, dirigida a los usuarios y la junta administradora de servicios de saneamiento (Jass).

3.3.2 Equipos

- GPS diferencial
- Manómetro
- Cámara fotográfica
- Laptop acer predator PH317-52

3.3.3 Softwares

- AutoCAD Civil 3D – 2020
- Microsoft Office 2020

➤ WaterCAD V8i

3.4. Metodología

El tipo de metodología aplicada a esta investigación es del nivel descriptivo, aplicando el método científico con fines de análisis, deductivo, descriptivo, la estrategia es una metodología hipotética.

3.5. Procedimiento

3.5.1 Reconocimiento e identificación de los componentes del sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca

Consistió en realizar una visita de campo con la finalidad de identificar las estructuras que componen el sistema de agua potable del centro poblado de Casa Blanca, con el apoyo de las juntas administradoras de servicios de saneamiento (JASS) y autoridades locales.

3.5.2 Evaluación de estado de la infraestructura existente del sistema

a) Captación

Se realizó una visita a la captación (pozo) con el objetivo de poder identificar su ubicación, identificar el tipo de captación, conocer el estado actual en que se encuentra la estructura y cómo funciona.

b) Estación de bombeo

Se realizó una visita a la estación de bombeo con la finalidad de identificar su ubicación, los componentes físicos, tipo de equipos, como funcionan y el estado actual en el que se encuentran.

c) Línea de impulsión

Se realizó un recorrido de la línea de impulsión del sistema de agua potable, que consiste en conducir el agua desde la captación hasta el punto de entrega que es el reservorio, en el recorrido evaluamos el estado actual de la línea de impulsión, material, diámetro, identificamos y ubicar los accesorios existentes en la línea de impulsión.

d) Reservoirio

Se realizó una visita al reservorio con la finalidad de identificar tipo de reservorio, el estado actual de la infraestructura, identificar problemas en la operación y verificar si necesita algún tipo de mantenimiento para su buen funcionamiento o es necesario su reconstrucción total.

e) Línea de aducción

Se realizó un recorrido con la finalidad de identificar la línea de aducción del sistema de agua potable, iniciando en el reservorio y terminando en el inicio la red de distribución, verificando el estado actual, material, diámetro y accesorios instalados en la tubería de aducción.

f) Red de distribución

Se realizó un recorrido a la línea de distribución, identificando accesorios existentes en la red, así como evaluar el estado de la tubería de la red, elegir de manera estratégica conexiones domiciliarias para evaluar el estado actual de las conexiones y las válvulas.

3.5.3 Evaluar el funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable

a) Captación

Se realizó aforo de la captación realizando pruebas de bombeo en el pozo, para poder determinar el volumen de máxima extracción y determinar el rendimiento del acuífero, utilizando las **Ec.1,2,3,4,5** y otras, para investigar si el caudal del manantial tiene mayor capacidad que la demanda del consumo, como es el comportamiento del pozo cuando se hace de la extracción de agua, cual es el radio de influencia del pozo en su máxima extracción.

b) Estación de bombeo

Se realizó la identificación de los equipos de la estación de bombeo tales como el motor, bomba, línea de succión, accesorios que forman parte del sistema de bombeo, para su funcionamiento, utilizando las **Ec.6,7,8,9,10** y otras se evaluará la capacidad volumétrica, hidráulica y potencia de la bomba, en la tubería de succión investigar las condiciones hidráulicas de trabajo, evaluado material y diámetros de la tubería y accesorios que los componen.

c) Línea de impulsión

Una vez realizado el aforo del manantial y determinar el caudal del bombeo y haciendo uso de la **Ec.11** y otras, se investiga si la velocidad a la que está trabajando está dentro del rango que sugiere (**MVCS, 2018**), se calculó el diámetro económico que debe de tener la tubería de impulsión y se comparó con el diámetro existente, además se verificó la presión a la que está trabajando, (**MVCS, 2018**), recomienda que la presión a la que debe de trabajar no sea mayor al 75%, especificada por el fabricante.

d) Reservorio

En el centro poblado de Casa Blanca las conexiones domiciliarias, no tienen micromedidores, para poder determinar el caudal medio, caudal máximo horario, caudal máximo diario y coeficientes de variación de consumo, **K1, K2**, se realizó medidas de los niveles de agua en el reservorio durante el consumo por día, y por hora, como se describe a continuación.

- Los registros se tomaron en la época verano en los meses de enero y febrero, en donde el consumo de agua es mayor.
- Se tomaron las mediciones del nivel de agua justo al momento de abrir la válvula de control de suministro una vez lleno el reservorio a su máxima capacidad, estas medidas serán visibles en un piezómetro instalado en la tubería de aducción antes de la válvula de suministro.
- Los datos diarios, se realizaron por semana de lunes a domingo, son registrados en formatos elaborados a conveniencia, para luego ser digitalizados, se tomará medidas en las horas, 4:30 am, 2:30 pm, 4:30 pm y 8:30 pm, tomando en cuenta que en el horario de 2:30pm-4:30pm, existe alimentación al reservorio, así como también existe consumo.
- Los datos horarios, se realizaron los días sábado que presenta mayor consumo a comparación los demás días de la semana, se registraron datos medidos por horas desde las 4:30 am que se presta el servicio hasta las 8:30pm que se suspende la prestación de servicio, los datos se registran en formatos elaborados a conveniencia, para luego ser digitalizados.

Una vez determinado el caudal medio, caudal máximo diario, caudal máximo horario, se determina los coeficientes de variación **K1, K2**, usando las **Ec.13, 14** y otras, valores reales para el caso del centro poblado de Casa Blanca.

e) Línea de aducción

Se calculó el diámetro máximo y mínimo de a tubería de la línea de aducción, haciendo uso de las velocidades máxima y mínima que exige el **(MVCS, 2018)**, y se verificará si el diámetro existente está en el rango de los diámetros calculados, se verificará el material de la tubería y se verificará la presión a la que está trabajando, **(MVCS, 2018)**, recomienda que la presión a la que debe de trabajar no sea mayor al 75%, especificada por el fabricante.

f) Red de distribución

En la red de distribución se realizó en campo las medidas de las presiones dinámicas del agua en las conexiones domiciliarias más cercanas a los nodos de la red, así verificar si la presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a. **(MVCS, 2018)**.

Se realizará un modelamiento estático en la red de distribución apoyándonos del software WaterCAD8i, se verificará que la presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a y la velocidad mínima en la tubería no debe ser menor de 0,60 m/s y máxima admisible debe ser de 3 m/s. **(MVCS, 2018)**.

3.5.4 Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua potable

Se realizó una investigación sobre quienes realizan la operación y mantenimiento del sistema de agua potable Casa Blanca, teniendo en cuenta que es un sistema es por bombeo, por lo que la operación tiene que estar bajo la responsabilidad de una persona capacitada, y el mantenimiento debe tener un plan de trabajo aplicable con la finalidad de no dejar que se deteriore cada componente del sistema de agua potable.

Para lograr esta evaluación se aplicará encuestas a la Juntas administradoras de servicios de saneamiento, con algunas preguntas claves que permitan obtener la información necesaria como resultado de lo que se quiere lograr.

Tabla N° 6: Preguntas de encuesta para la evaluación la operación y mantenimiento del sistema de agua potable

PREGUNTAS PARA EVALUAR LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
¿Quién es responsable de la operación y mantenimiento del servicio de agua?
Fecha en que se concluyó la construcción del sistema de agua potable:
Institución Ejecutora:
¿Se han realizado nuevas inversiones, después de haber entregado el sistema de agua potable a la comunidad?
¿Existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable?
¿Cuánto es la cuota por el servicio de agua?
¿Cuántos no pagan la cuota familiar?
¿Existe un plan de mantenimiento?
¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento?
¿Cada que tiempo realizan la limpieza y desinfección del sistema?
¿Cada qué tiempo cloran el agua?
¿Qué prácticas de conservación de la fuente de agua, en el área de influencia del manantial existen?
¿Quién se encarga de los servicios de gasfitería?
¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfitería?
¿Cuenta el sistema con herramientas necesarias para la operación y mantenimiento?

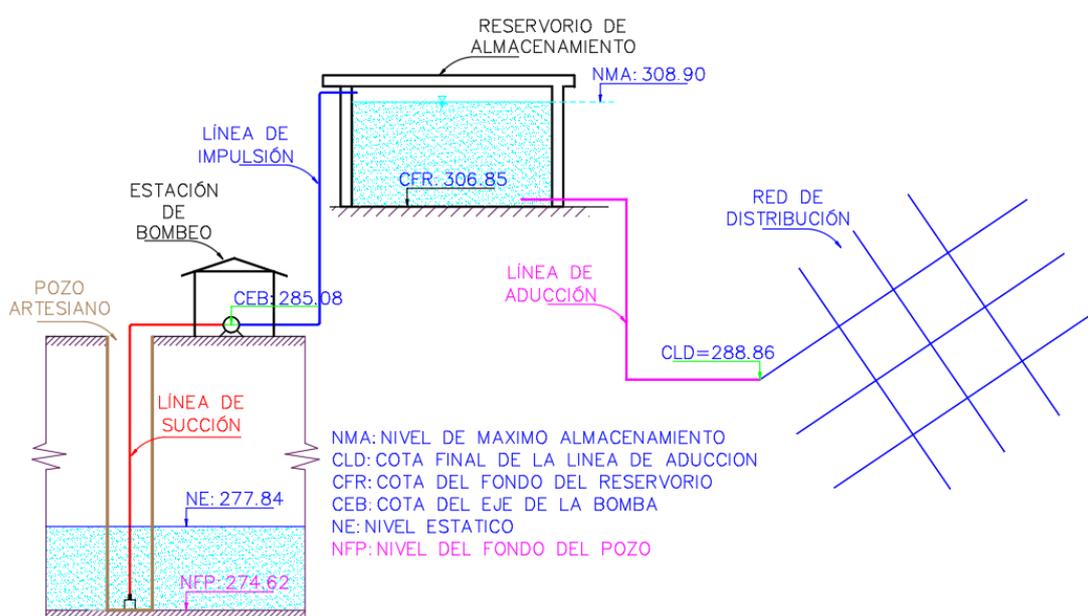
Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Reconocimiento e identificación de los componentes del sistema de agua potable del centro poblado Casa Blanca

El centro poblado de Casa Blanca desde el año 1999 se abastece del sistema existente, a medida que el asentamiento urbano ha ido creciendo se han realizado conexiones a la red inicial, en la actualidad este centro poblado cuenta con un sistema de agua potable, a pesar de ser un asentamiento urbano en la localidad no existe un sistema de alcantarillado, en la visita de reconocimiento se identificaron los componentes del sistema que se detallan en el siguiente esquema a continuación.

Figura N° 12: Esquema del sistema de abastecimiento de agua potable existente



Fuente: Elaboración propia

a) Captación pozo artesano

El sistema es abastecido de una fuente subterránea que es aprovechada mediante un pozo artesanal, ubicado en las coordenadas UTM, Zona 17S, E: 690715 N: 9211833, a una altura de 285.80 msnm, el pozo tiene como nombre CATALINO SALAZAR cuya fuente tiene licencia de uso de agua, de uso poblacional, mediante Resolución Directoral N°2122-2020-ANA-AAA JZ-V, el volumen otorgado anual es de 18606.27 m³, un volumen de extracción diaria de 50.97 m³, en la actualidad se encuentra bajo la responsabilidad de la jass del centro poblado de Casa Blanca.

b) Línea de succión

La tubería corrugada instalada en la succión desde el momento de su instalación no ha sido cambiada, la cual cumple con la función de transportar el agua desde el nivel dinámico del pozo hasta la bomba instalada en la estación de bombeo.

c) Estación de bombeo

La estación de bombeo está compuesta por dos módulos, un módulo en donde está instalado la bomba centrífuga de eje horizontal de 11 Kw de potencia y un motor de 2200 RPM de 20HP, y otro módulo funciona como el almacén para poner en funcionamiento el sistema de bombeo.

d) Línea de impulsión

La tubería instalada en la línea de impulsión cumple con la función de transportar el agua desde la bomba hasta la entrega en el reservorio de almacenamiento, de 3" de diámetro, PCV-C10, tiene una longitud de 156.5 metros.

e) Reservorio

El reservorio de almacenamiento se encuentra ubicados en las coordenadas UTM, Zona 17S, E: 690792 N: 9211704, a una altura de 306.36msnm, es de forma circular, es un reservorio típico apoyado, con una capacidad de almacenar 20.86 m³, en donde la distribución de agua a la población es por gravedad.

f) Línea de aducción

La tubería de 3" de diámetro, PCV-C10, tiene una longitud de 162.34 metros, instalada en la línea de aducción, cumple con la función de transportar el agua del reservorio al inicio de la red de distribución, por gravedad.

g) Red de distribución

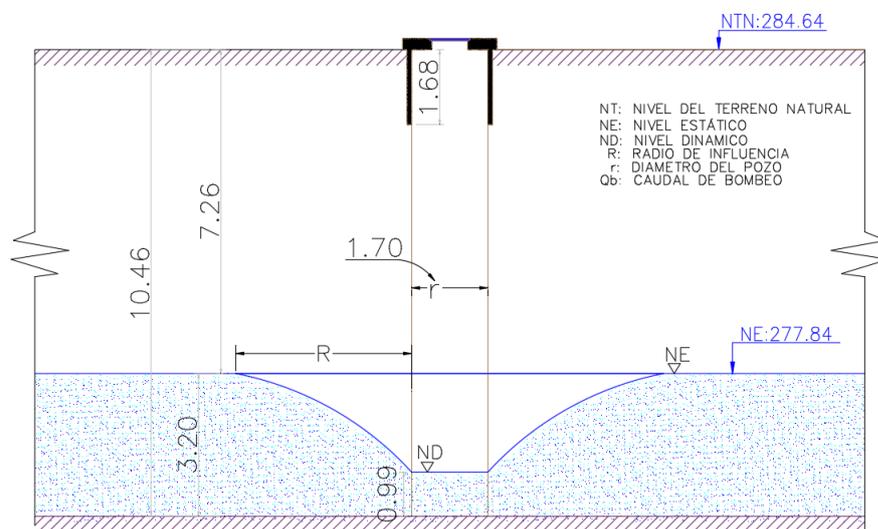
La red de distribución existente tiene un sistema mixto de red cerrada y abierta, después de su construcción inicial ha sufrido modificaciones a consecuencia de conectar ramales nuevos y así brindar el servicio de agua a nuevas viviendas construidas producto del crecimiento del asentamiento urbano.

4.2 Evaluación de estado de la infraestructura existente del sistema

a) Captación pozo

El pozo de captación fue construido de manera artesanal, tiene un diámetro de 1.70 metros, con una profundidad de 10.46 metros, la profundidad a donde se encuentra el nivel estático desde la superficie es de 7.26 metros, tiene una disponibilidad de manto del acuífero de 3.20 metros de cuerpo de agua, tiene un revestimiento interno de concreto de 1.68m desde el techo hacia abajo, el resto de paredes internas no presenta revestimiento, presenta suciedad, erosión, corrosión, tiene tapa sanitaria, con candado de seguro, de la evaluación de la estructura demuestra un mal estado.

Figura N° 13: Esquema del perfil del pozo Catalino Salazar



Fuente: elaboración propia

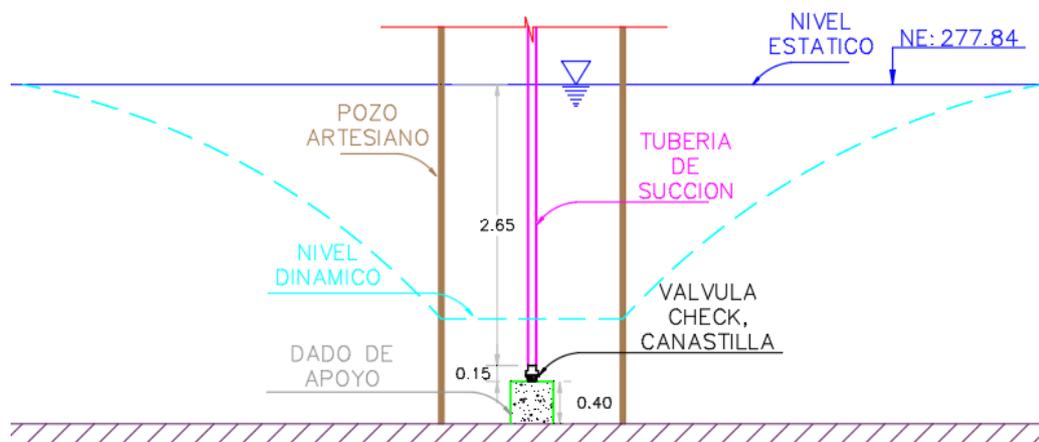
Figura N° 14: captación pozo artesanal, pozo Catalino Salazar



b) Línea de succión

La línea de succión es una manguera de succión de PVC, tubo flexible un diámetro de 3 pulgadas, de 12.40 metros de longitud, se sostiene por cables para evitar que pueda colgar y desconectarse en el momento del bombeo, se encuentra 40 centímetros por encima del fondo del pozo apoyada en un dado de concreto, con una válvula check, modelo canastilla de 3 pulgadas PVC de alta resistencia, por lo que se puede apreciar la instalación de la manguera de succión no tiene soportes que presten una buena seguridad de anclaje esta semi colgada y haciendo ondulaciones dentro del pozo, el estado de la tubería de succión se encuentra en mal estado.

Figura N° 15: Esquema de la instalación de la tubería de succión en el fondo del pozo



Fuente: elaboración propia

Figura N° 16: Estado de la instalación de la tubería de succión, dentro del pozo



c) Estación de bombeo

La estación de bombeo, cuenta con dos módulos por fuera presentan pintura demacrada por dentro no presenta tarrajeo, en un módulo se presenta instalada la bomba que funciona con un motor a combustible, con anclaje en base de concreto, en las partes laterales presenta soporte con cables, su instalación demuestra que no presenta mantenimiento, las conexiones de accesorios son antiguos y están protegida en las uniones con cámaras, desde el momento de la instalación la bomba no se ha realizado un mantenimiento. La bomba es tipo centrifuga de eje horizontal en las especificaciones técnicas indica un máximo rendimiento de bombeo un caudal de 100m³/h, a una elevación de 68 metros, con una altura de succión de 9.2 metros y con 2200 r/min, es de marca TIANG LONG, Spray irrigación series, modelo 82BP-68DI, el motor es de marca JIENAG DOG, de 20 HP, con capacidad de 2200 r/min, en el segundo módulo es utilizado con almacén de accesorios, combustible, aceites, etc. Que se utiliza para el funcionamiento del sistema de bombeo, de la evaluación demuestra que la estación de bombeo se encuentra en mal estado.

Figura N° 17: Módulos de estación de bombeo



Figura N° 18: Especificaciones técnicas del motor



Figura N° 19: Especificaciones técnicas de la bomba



Figura N° 20: Vista de perfil y frontal del equipo de bombeo



d) Línea de impulsión

La tubería instalada en la línea de impulsión, conduce el agua desde la conexión a la salida de la bomba hasta la entrega al reservorio, la tubería está enterrada, en la parte de la ladera donde es roca está protegida con revestimiento de concreto, es de material de PVC, clase 10, con un diámetro de 3", tiene una longitud de 156.5 metros, no presenta accesorio, ni válvulas, presenta sarro dentro de la

Tubería, solidificada de un espesor de 1mm, de la evaluación demuestra la tubería en mal estado.

Figura N° 21: Línea de impulsión, del sistema de bombeo



e) Reservorio

El almacenamiento es posible en un reservorio existente de geometría circular de concreto, apoyado, cuenta con su tanque de almacenamiento, caseta de válvulas, tapa metálica tanto para el tanque y la caseta de válvulas, la pintura en su mayoría ya no se aprecia, presenta fisuras, parches de mantenimiento por fugas de agua, la resistencia del concreto según los ensayos de compresión son de 78.0 kg/cm² y 130.1 kg/cm², valores que no supera los 210 kg/cm², no cuenta con tubería de ventilación, pero sí con tubería de limpieza y rebose, tiene un radio de 1.80 metros, altura total de 2.18 metros, la altura del rebose, 2.05 metros, tiene una capacidad de almacenamiento de 20.86 m³, no presenta cerco perimétrico de protección, se aprecia postes que testifica que un inicio contaba con cerco de púas que en la actualidad no existe, no presenta tanque de cloración del agua, demuestra que presenta total deterioro, las tapas metálicas presentan candados de seguridad que solo el operador bajo la supervisión de a jass, tiene autorización de manipular, de la evaluación demuestra un mal estado.

Figura N° 22:Reservorio de almacenamiento



f) Línea de aducción

La tubería instalada en la línea de aducción, cumple con la función de conducir el agua por gravedad desde el reservorio hasta la red de distribución, es de material PVC de clase 10, de diámetro de 2", tiene una longitud de 162.34 metros, está totalmente enterrada en la parte de la pendiente en donde la roca es sólida está cubierto con concreto, no presenta accesorio, ni válvulas, si demuestra parches con masas para evitar filtraciones, de la evaluación demuestra un mal estado.

Figura N° 23:Línea de aducción



g) Red de distribución

La red de distribución es una red cerrada, en donde se encuentra diámetros diferentes diámetros de, 1.5", 1" y 3/4", presenta válvulas de regulación en los tramos de las troncales principales en donde se visualiza filtraciones, la red se encuentra enterrada, cuenta con 124 conexiones domiciliarias, 17 sectores públicos, la red de distribución en sus paredes internas de la tubería presenta una capa de obstrucción de color marrón, que tiene un espesor no mayor a 1mm., lo que demuestra un mal estado.

Figura N° 24: Válvula de distribución sin estructura de protección en malas condiciones con fugas



Figura N° 25: Válvulas de distribución con estructura de protección, no presenta candado de seguridad y presenta fugas



Figura N° 26: Tubería con obstrucción petrificada dentro del diámetro interno de la tubería, de la red de distribución



La red de distribución, en todos los tramos que se verificó con corte en la tubería se encontró obstrucción de una capa en las paredes internas de la tubería, alrededor de su diámetro interno, cuya dureza de material encontrado por no ser de espesor considerable es fácil, se trata de una capa solida de color marrón, que al fraccionarlo y ponérselo en contacto con el agua se diluye con facilidad.

4.3 Evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema de agua potable

4.3.1 Captación

a) Aforo del caudal de bombeo

Para determinar la cantidad de agua que es capaz de extraer la bomba del manantial y conducir al reservorio se realizó un aforo mediante el método volumétrico, obteniendo así los siguientes resultados.

Tabla N° 7: Tiempo y volúmenes para determinar el caudal de bombeo

N° Veces	Tiempo (min)	Hi(m)	Diámetro del Reservorio (m)	Vol. Bombeado (m3)
-	0	0.50	3.6	-
1	12.20	0.60	3.6	1.017

N° Veces	Tiempo (min)	Hi(m)	Diámetro del Reservorio (m)	Vol. Bombeado (m3)
2	12.22	0.70	3.6	1.017
3	12.21	0.80	3.6	1.017
4	12.20	0.90	3.6	1.017
5	12.21	1.00	3.6	1.017
6	12.20	1.10	3.6	1.017
7	12.21	1.20	3.6	1.017

De los datos se deduce que:

Tiempo promedio: 12.21 min, igual a 732.60 seg

El volumen bombeado: 1.017 m3, igual a 1017.88 Lts

$$Q_b = \frac{\text{Volumen}(L)}{\text{Tiempo}(s)} = \frac{1017.88 L}{732.60 s}$$

Remplazando valores tenemos, un caudal de bombeo (**Qb=1.93 L/s**), es el caudal constante al que trabaja la bomba en funcionamiento.

b) Evaluación del abatimiento del pozo

Una vez determinado el caudal de bombeo al que trabaja la bomba, se procede a realizar una prueba de bombeo, para determinar el nivel dinámico del acuífero y determinar el volumen de máxima extracción, la prueba se realizó en la mañana cuando el nivel freático del acuífero coincide con el nivel estático, antes de la prueba no existía extracción de agua y el acuífero presenta su máxima recarga, la prueba inició a las 7:00am hasta las 3:00pm, momento en que se detuvo la prueba por que la bomba ya presentaba vibración excesiva, los datos registrados en formatos establecidos se presentan a continuación.

Tabla N° 8: Abatimiento, y procesamiento de datos en la prueba de bombeo

N° Veces	Tiempo (min)	d(m)	d'(m)	Volumen extraído (m3)
1	1.0	0.12	0.12	0.08
2	2.0	0.35	0.33	0.17
3	4.0	0.72	0.64	0.33
4	6.0	0.99	0.84	0.50
5	8.0	1.16	0.95	0.67
6	10.0	1.28	1.02	0.83
7	20.0	1.46	1.13	1.67
8	30.0	1.54	1.17	2.50
9	60.0	1.69	1.24	5.00

Nº Veces	Tiempo (min)	d(m)	d'(m)	Volumen extraído (m3)
10	120.0	1.88	1.33	10.01
11	180.0	1.92	1.34	15.01
12	240.0	1.98	1.37	20.02
13	300.0	2.05	1.39	25.02
14	360.0	2.09	1.41	30.02
15	420.0	2.16	1.43	35.03
16	480.0	2.21	1.45	40.03

Los datos registrados en la prueba de bombeo se tienen que corregir con la **fórmula de Dupuit, Ec.2**, así tener un descenso (**d' corregido**), Sabiendo que el pozo está en su máxima recarga con un espesor de napa de (**H0 = 3.20m**).

Ejemplo de cálculo 1.

Del cuadro de datos la tabla N°5:

Nº Veces	Tiempo (min)	d(m)	d'(m)	Volumen extraído (m3)
3	4.0	0.72	0.64	0.33

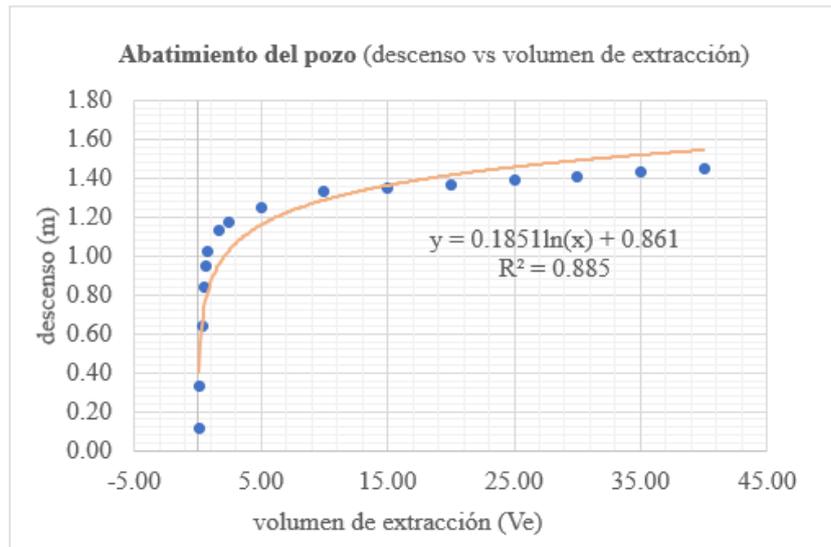
Analizamos el registro N° veces: **3**; d = 0.72 m, H0 = 3.20m, reemplazamos

$$d' = d - \frac{d^2}{2H_0} = 0.72 - \frac{0.72^2}{2 * 3.20} \Rightarrow d' = 0.64$$

Así calculamos los valores d' y conociendo el caudal de bombeo de capacidad de la bomba, que es de 1.39 L/s, se determina el volumen de extracción y podemos hacer la siguiente relación.

De los datos registrados en la **tabla N°8**, demuestra que en 8 horas de bombeo continuo se puede extraer 40.03 m3, de volumen de agua.

Gráfico N° 1: Relación entre descenso vs volumen de extracción del pozo



c) Recuperación del pozo

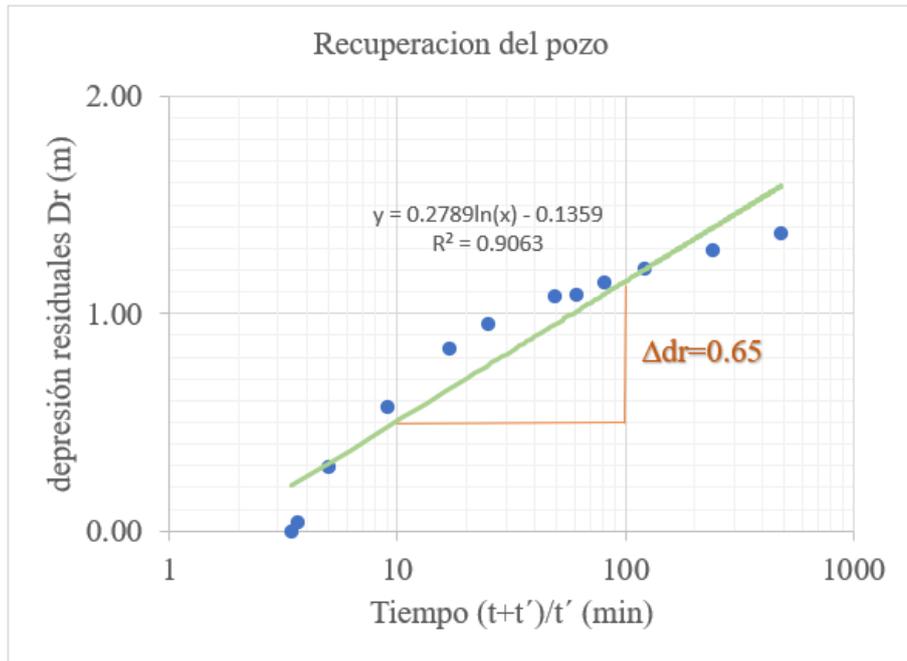
Una vez parada la bomba el pozo comienza a recuperar el nivel de descenso, se registra las medidas del ascenso en tiempos de 1,2,4,6,8,10,20,30,60..., etc.

Tabla N° 9: Datos y cálculo de la recuperación del pozo

N° Veces	Tiempo (t') (min)	Hi(m)	d'(m)	$\frac{t+t'}{t'}$
0	0	2.21	1.45	
1	1.0	1.99	1.37	481.0
2	2.0	1.79	1.29	241.0
3	4.0	1.62	1.21	121.0
4	6.0	1.49	1.14	81.0
5	8.0	1.39	1.09	61.0
6	10.0	1.38	1.08	49.0
7	20.0	1.16	0.95	25.0
8	30.0	0.99	0.84	17.0
9	60.0	0.63	0.57	9.0
10	120.0	0.31	0.29	5.0
11	180.0	0.04	0.04	3.7
12	196.0	0.00	0.00	3.4

con la fórmula de la corrección Dupuit **Ec.2.** realizamos el cálculo de (d'), siguiendo el ejemplo de cálculo 1.

Gráfico N° 2: Descenso residual vs tiempo, recta de Jacob



Usando el **método de Jacob** usando la interpretación gráfica de la **recta de Jacob figura N°05**, registrando los datos y analizando la gráfica tenemos una depresión residual $\Delta dr = 0.65$ metros.

d) Transmisibilidad

Además, conociendo el caudal de bombeo ($Q_b = 1.39L/s = 120.096m^3/día$), aplicando la **Ec.3**.

$$T = 0.183 \frac{Q}{\Delta d} = 0.183 \frac{120.096}{0.65} \Rightarrow T = 33.81m^2/día$$

determinamos la transmisibilidad ($T = 33.81 m^2/día$).

e) Permeabilidad

Ya conocidos los valores de la transmisibilidad, el espesor del acuífero, aplicando la **Ec.4**.

$$Permeabilidad (K) = \frac{Transmisibilidad (m^2/día)}{Espesor del acuífero (m)}$$

$$K = \frac{33.81 (m^2/día)}{3.20 (m)} \Rightarrow K = 10.57m/día = 0.44m/h$$

Determinamos la permeabilidad del acuífero ($K=0.44 m/h$).

f) Coeficiente de almacenamiento

Ya conocidos los valores de la transmisibilidad, y la pendiente gráfica de la recta de Jacob, mediante una iteración calculamos el coeficiente de almacenamiento, aplicando la **Ec.5**.

To : Calculamos en la ecuación de la pendiente de la recta de Jacob.

$y = 0.2789 \ln(t_0) - 0.1359$; condición ($Y = 0$); $t_0 = t = 0.00113$ días, considerando que el registro de datos se tomó en la pared del pozo, $r = 0.85$ m, de la tubería de succión.

Por condición del método tenemos la relación:

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2} \Rightarrow S = \frac{2.25 * (33.81 * 0.00113)}{0.85^2} \Rightarrow S = 0.1190$$

Del cálculo práctico tenemos que:

$$S = 11.90 * 10^{-2}$$

4.3.2 Reservorio

a) Caudales y coeficientes de variación de consumo

En el centro poblado de Casa Blanca, la prestación de servicio son 16 horas por día, la distribución de agua empieza a las 4:30 am y se cierra las válvulas de distribución de agua en el reservorio a las 8:30pm, para ellos el operador ya ha llenado el reservorio y abre las válvulas de distribución de agua a las 4:30am, a las 2:30 pm el operador vuelve a bombear agua al reservorio hasta las 4:30pm, entendiéndose que existe ingreso de agua y consumo al mismo tiempo en el horario de 2:30 pm a 4:40pm, para facilitar el registro de volúmenes de consumo, se instaló un piezómetro con una cinta métrica, para conocer los tirantes de consumo de agua, para determinar con exactitud los volúmenes de consumo, se realizó una semana de prueba de aforo determinándose así que el día sábado es el día de máximo consumo en la semana.

con la intención de determinar los volúmenes de consumo máximo diario y máximo horario, se toman las lecturas semanales de lunes a domingo en horarios de 4:30am, 2:30pm, 4:30pm y 8:30pm, con excepción de los días sábados se tomaron registros por cada hora de 4:30am hasta 8:30pm, para determinar el caudal máximo horario.

El análisis se realizó en los meses de enero y febrero, justificando que el lugar donde se realizó la investigación es una zona costera, y que la época más calurosa es en verano en los meses de enero y febrero, por ello en estos meses el consumo de agua es mayor, que en el resto de meses del año.

Los datos registrados en el piezómetro son tirantes existentes en el reservorio al momento de tomar la lectura, luego estos datos son digitalizados en tablas de Excel y se pueden apreciar en el **ANEXO N° 02, ANEXO N°3**.

Con los tirantes de agua registrados, se procede a determinar los volúmenes de consumo en dos escenarios diferentes, cuando el reservorio no tiene ingreso de agua de la captación solo presenta consumo y cuando el reservorio tiene ingreso de agua de la captación a la vez presenta consumo del agua.

➤ **Escenario con suministro sin alimentación al reservorio (DH1).**

Con los datos del reservorio: Radio **R = 1.80 m**, altura de total del reservorio **HT = 2.18m**, altura del rebose **Hr = 2.05 m**.

Calculamos el área del reservorio: $Ar = \pi r^2$; (**Ar = 10.18 m²**)

Tabla N° 10: Cuadro de lecturas y cálculos

SEMANA 1											
DIA	FECHA	REGISTRO TURNO MAÑANA		DH1	REGISTRO TURNO TARDE		DH2	ΔH_i : Qentrada	DH1 + DH2+DH _i	Vol. Total (m ³)	Vol. Total (L)
		04:30	02:30		04:30	08:30					
LUNES	03/01/2022	2.03	0.36	1.67	1.08	0.73	0.35	0.26	2.28	23.21	23207.57
MARTES	04/01/2022	2.01	0.32	1.69	1.05	0.64	0.41	0.25	2.35	23.92	23920.09
MIÉRCOLES	05/01/2022	1.98	0.34	1.64	1.07	0.67	0.4	0.25	2.29	23.31	23309.36
JUEVES	06/01/2022	2.05	0.28	1.77	1.08	0.67	0.41	0.18	2.36	24.02	24021.87
VIERNES	07/01/2022	1.97	0.32	1.65	1.04	0.67	0.37	0.26	2.28	23.21	23207.57
SABADO	08/01/2022	2.05	0.28	1.77	0.85	0.16	0.69	0.41	2.87	29.21	29213.04
DOMINGO	09/01/2022	2.05	0.19	1.86	0.91	0.39	0.52	0.26	2.64	26.87	26871.93

Fuente: elaboración propia

Registro N°1, (Hi a las 4:30am) = 2.05 m

Registro N°2, (H a las 2:30pm) = 0.28 m

DH1 = Registro N°1 - Registro N°2; DH1 = 2.05m – 0.28m = 1.77m

➤ **Escenario con suministro y alimentación al reservorio (DH2, DH_i).**

Registro N°3, (Hi a las 2:30pm) = 1.08 m

Registro N°4, (H a las 8:30pm) = 0.67 m

DH2 = Registro N°3 - Registro N°4; DH2 = 1.08m – 0.67m = 0.41m

El valor de **DHi**, se toma las consideraciones, de 2.30 pm a 4:30pm, de bombeo continuo con la capacidad de la bomba (**Qb = 1.39 L/s**), almacena un volumen (**Vb = 10.008 m3**), esto genera un tirante de (**Htb = 0.98m**).

$$DHi = Htb - (\text{Registro N}^\circ 3 - \text{Registro N}^\circ 2)$$

DHi = 0.98m - (1.08m - 0.28m) = 0.18m, significa que en las 2 horas mientras existía entrada de agua al reservorio se consumió (**DHi = 0.18m**) de tirante de agua.

la **altura de consumo diaria (HCd)** se obtiene mediante la siguiente relación:

$$HCd = DH1 + DH2 + DHi; HCd = 1.77m + 0.41m + 0.18m; HCd = 2.36m$$

Entonces el volumen de consumo (V): $V = DCh * Ar; V = 2.36m * 10.18m^2$

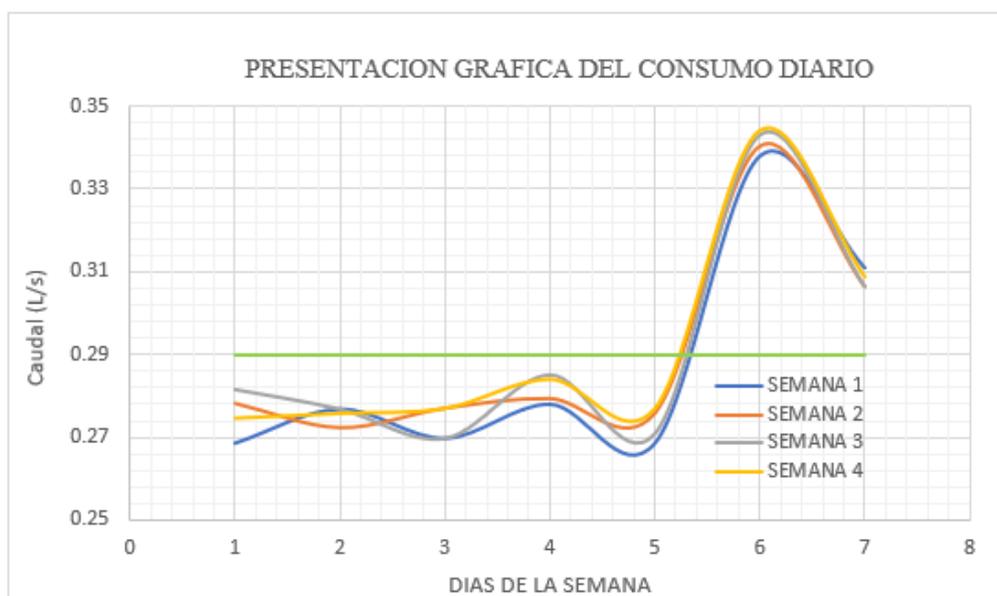
$$V = 24.02187m^3 \text{ expresados en litros será: } V = 24021.87 \text{ L.}$$

Este procedimiento también se aplica para los días sábados en los registros horarios, cuyos datos y valores se presentan en el **ANEXO N° 05**.

➤ Caudal máximo diario (Qmd)

Con los valores obtenidos de consumo apreciados en el **ANEXO N° 05**, representados en el **gráfico N°3**, permite determinar el caudal máximo diario (Qmd), definido como el máximo valor de los días registrados.

Gráfico N° 3: Gráfico del consumo diario, semanal



Fuente: Elaboración propia

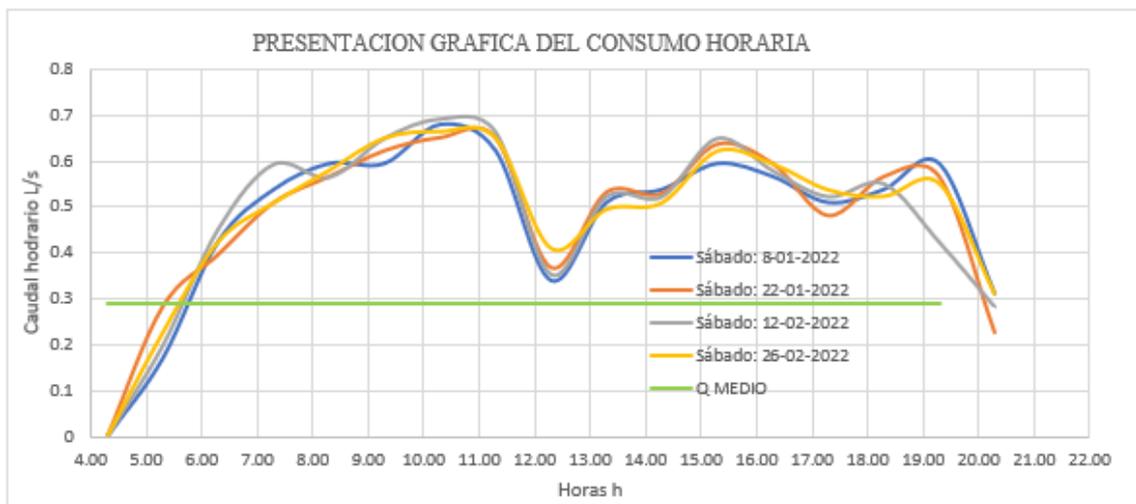
Según el **gráfico N°3**, se define:

- ✓ El día sábado como día de máximo consumo
- ✓ El valor del caudal máximo diario es: ($Q_{md} = 0.34 \text{ L/s}$).

➤ **Caudal máximo horario (Q_{mh})**

Con los valores obtenidos de consumo apreciados en el **ANEXO N° 06**, representados en el **gráfico N°4**, permite determinar el caudal máximo horario (Q_{mh}), definido como el valor máximo de una hora de consumo registrado durante todo el día.

Gráfico N° 4: Gráfico del consumo máximo horario



Fuente: elaboración propia

Según el **gráfico N°4**, se define:

- ✓ La hora de máximo consumo, de 10am – 11am.
- ✓ El valor del caudal máximo horario es: ($Q_{mh} = 0.69 \text{ L/s}$).

➤ **Caudal medio (Q_m)**

Con los valores obtenidos de consumo apreciados en el **ANEXO N° 05**, se calcula el caudal medio (Q_m), definido como el promedio de los caudales diarios registrados.

$$Q_m = \frac{Dia_1 + Dia_2 + Dia_3 + \dots + Dia_n}{n}$$

Según los valores registrados en el **ANEXO N° 05**, calculando el promedio se define que el caudal medio es: ($Q_m = 0.29 \text{ L/s}$).

➤ **Coefficiente de variación diaria (K1)**

Utilizando la **Ec.13**, reemplazando los valores de Q_m , Q_{md} , obtenemos el valor del coeficiente de consumo diario (**K1**).

$$k1 = \frac{\text{caudal máximo diario}(Q_{md})}{\text{Caudal medio diario}(Q_m)} = \frac{0.34\text{L/s}}{0.29\text{L/s}} \Rightarrow k1 = 1.186$$

El coeficiente de consumo diario (**K1= 1.186**).

➤ **Coefficiente de variación horaria (K2)**

Utilizando la **Ec.14**, reemplazando los valores de Q_m , Q_{mh} , obtenemos el valor del coeficiente de consumo horario (**K2**).

$$k2 = \frac{\text{caudal máximo horario}(Q_{mh})}{\text{Caudal medio diario}(Q_m)} = \frac{0.69\text{L/s}}{0.29\text{L/s}} \Rightarrow k2 = 2.389$$

El coeficiente de consumo diario (**K2 = 2.389**).

➤ **Dotación**

Con los valores ya estimados usando la **Ec.16**, usando el caudal medio (Q_m), población (pd) encontramos la dotación (**Dot**).

$$Q_m = \frac{PdxDot}{86400} \Rightarrow \frac{0.29l}{s} = \frac{446habxDot}{86400} \Rightarrow Dto = 56.179l/hab/dia$$

La dotación para el centro poblado de Casa Blanca (**Dot= 56.18 L/hab/día**)

b) Volumen de regulación del reservorio para sistema discontinuo

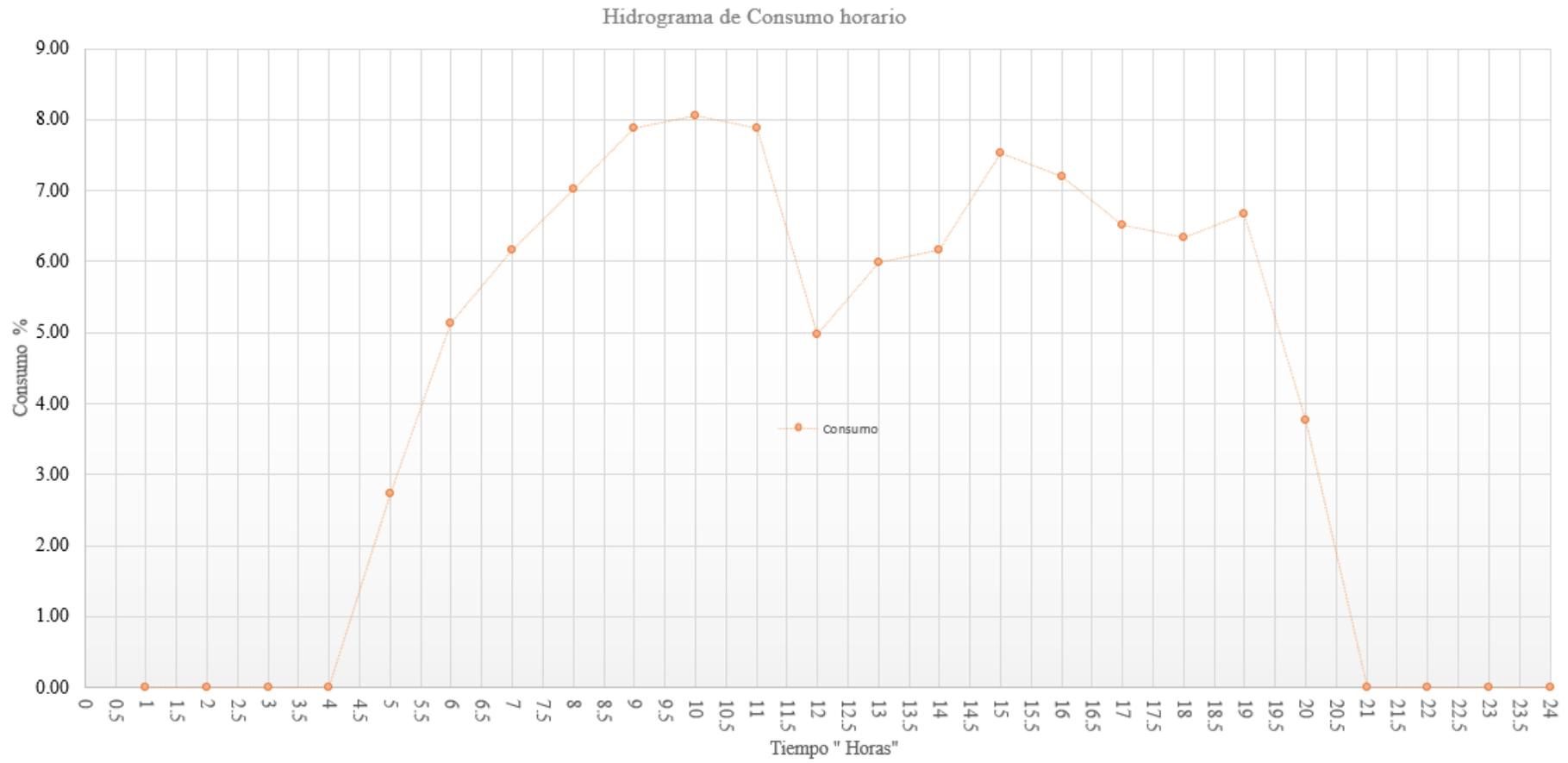
Para calcular un volumen aceptable del reservorio acertado a la realidad de la localidad de Casa Blanca, usamos los datos de consumo horario medidos en campo, simulando el evento de bombeo discontinuo en las horas reales de bombeo, para poder elegir el evento más aceptable, para esta realidad tomando en cuenta que la elección debe ser técnico-económico.

Tabla N° 11: Porcentaje de consumo horario

Tiempo		Consumo
Horas		
0 am	1.5 am	0.00
1.5 am	2.5 am	0.00
2.5 am	3.5 am	0.00
3.5 am	4.5 am	0.00
4.5 am	5.5 am	2.74
5.5 am	6.5 am	5.14
6.5 am	7.5 am	6.16
7.5 am	8.5 am	7.02
8.5 am	9.5 am	7.88
9.5 am	10.5 am	8.05
10.5 am	11.5 am	7.88
11.5 am	12.5 pm	4.97
12.5 pm	13.5 pm	5.99
13.5 pm	14.5 pm	6.16
14.5 pm	15.5 pm	7.53
15.5 pm	16.5 pm	7.19
16.5 pm	17.5 pm	6.51
17.5 pm	18.5 pm	6.34
18.5 pm	19.5 pm	6.68
19.5 pm	20.5 pm	3.77
20.5 pm	21.5 pm	0.00
21.5 pm	22.5 pm	0.00
22.5 pm	23.5 pm	0.00
23.5 pm	24 pm	0.00

Fuente: elaboración propia

Gráfico N° 5: Hidrograma de consumo horario (% consumo/horas)



Fuente: Elaboración propia

➤ **Sistema discontinuo con bombeo de 6 horas, funcionamiento actual**

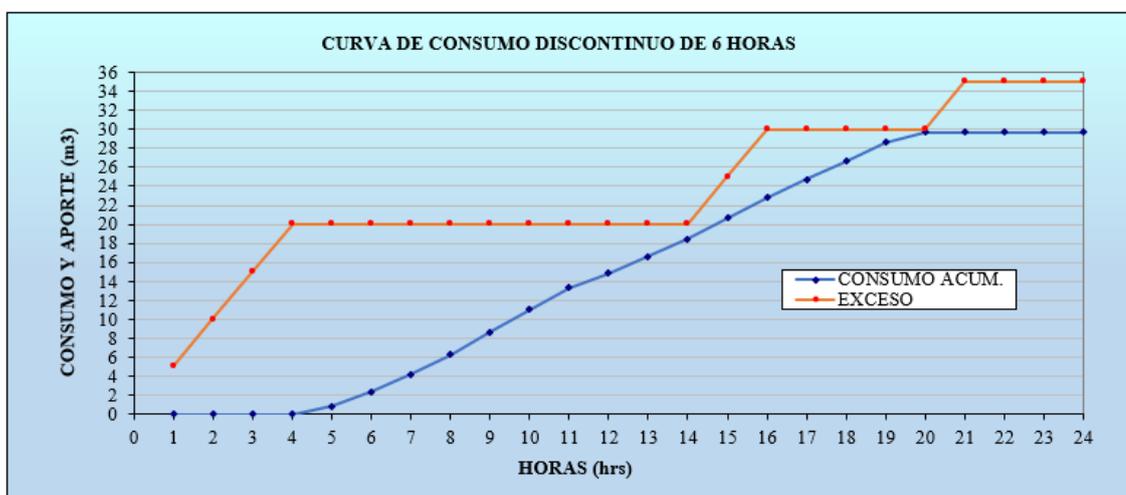
Datos: $Q_{md} = 0.34 \text{ L/s}$; $Q_b = 1.39 \text{ L/s} = 5.004 \text{ m}^3/\text{h}$.

Tabla N° 12: Cálculos de caudales de consumo y aporte para 6 horas

HORAS	CONSUMO		APORTE		CONSUMO ACUM.	EXCESO	EXCESO	DEFECTO
	%	m ³	%	m ³				
0 am - 1.5 am	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	5.00	5.00	....
1.5 am - 2.5 am	0.00	0.00	16.67	5.00	0.00	10.01	10.01	....
2.5 am - 3.5 am	0.00	0.00	16.67	5.00	0.00	15.01	15.01	....
3.5 am - 4.5 am	0.00	0.00	16.67	5.00	0.00	20.02	20.02	....
4.5 am - 5.5 am	2.74	0.81	0.00	0.00	0.81	20.02	19.20	....
5.5 am - 6.5 am	5.14	1.53	0.00	0.00	2.34	20.02	17.67	....
6.5 am - 7.5 am	6.16	1.83	0.00	0.00	4.17	20.02	15.84	....
7.5 am - 8.5 am	7.02	2.09	0.00	0.00	6.26	20.02	13.76	....
8.5 am - 9.5 am	7.88	2.34	0.00	0.00	8.60	20.02	11.41	....
9.5 am - 10.5 am	8.05	2.39	0.00	0.00	10.99	20.02	9.02	....
10.5 am - 11.5 am	7.88	2.34	0.00	0.00	13.33	20.02	6.68	....
11.5 am - 12.5 pm	4.97	1.48	0.00	0.00	14.81	20.02	5.21	....
12.5 pm - 13.5 pm	5.99	1.78	0.00	0.00	16.59	20.02	3.42	....
13.5 pm - 14.5 pm	6.16	1.83	0.00	0.00	18.42	20.02	1.59	....
14.5 pm - 15.5 pm	7.53	2.24	16.67	5.00	20.66	25.02	4.36	....
15.5 pm - 16.5 pm	7.19	2.14	16.67	5.00	22.80	30.02	7.22	....
16.5 pm - 17.5 pm	6.51	1.93	0.00	0.00	24.73	30.02	5.29	....
17.5 pm - 18.5 pm	6.34	1.88	0.00	0.00	26.62	30.02	3.41	....
18.5 pm - 19.5 pm	6.68	1.98	0.00	0.00	28.60	30.02	1.42	....
19.5 pm - 20.5 pm	3.77	1.12	0.00	0.00	29.72	30.02	0.30	....
20.5 pm - 21.5 pm	0.00	0.00	16.67	5.00	29.72	35.03	5.31	....
21.5 pm - 22.5 pm	0.00	0.00	0.00	0.00	29.72	35.03	5.31	....
22.5 pm - 23.5 pm	0.00	0.00	0.00	0.00	29.72	35.03	5.31	....
23.5 pm - 24 pm	0.00	0.00	0.00	0.00	29.72	35.03	5.31	....
TOTAL	100.00	29.722	100.00	30.024				
VAL. MAX =						20.00	0.00	
E + D =						20.00		

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 6: Curva de consumo discontinuo para 6 horas-funcionamiento actual



Fuente: Elaboración propia

➤ **Cálculo del volumen del almacenamiento**

Tabla N°13: Resumen de las simulaciones con las horas de bombeo del sistema

Horas	Horario de bombeo	Tipo de bomb.	E + D	Vol. Reser.	Caudal de Bombeo
6 Horas	1.5 am - 2.5 am	Discontinuo	20.00 m3	20.00 m3	1.39 L/s
	2.5 am - 3.5 am				
	3.5 am - 4.5 am				
	14.5 pm - 15.5 pm				
	15.5 pm - 16.5 pm				
	20.5 pm - 21.5 pm				

Fuente: Elaboración propia

Del valor para E + D, demuestra el volumen de equilibrio del reservorio es de 20.00m³, el uso que le dan al reservorio es llenarlo a su máxima capacidad para la distribución, sin tomar en cuenta el porcentaje de consumo real de la población, siendo necesario usar un criterio técnico para realizar un bombeo discontinuo en diferentes horas que estén de acorde al consumo horario de la población.

- ✓ Vol. Reservorio = 20.00 m³
- ✓ Horas de bombeo: 6 hrs/día
- ✓ Caudal de bombeo: 1.39 L/s

4.3.3 Estación de bombeo discontinuo

a) Estación de bombeo existente

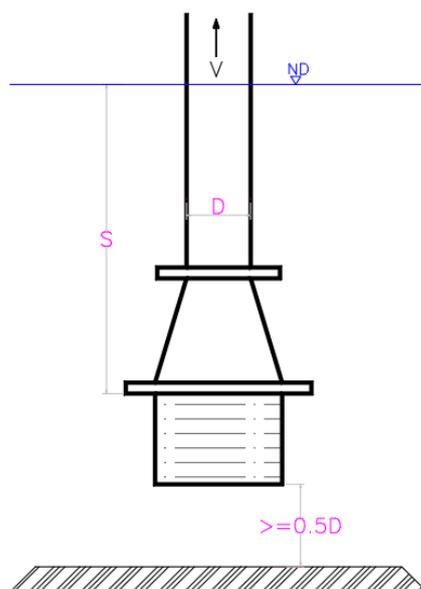
La bomba es de tipo centrífuga horizontal, para evaluar su funcionamiento hidráulico se evalúa su capacidad volumétrica y la capacidad hidráulica de presión en relación a la altura de bombeo.

➤ **Línea de succión**

Sumergencia mínima:

Con la finalidad de verificar el funcionamiento de la succión, el menor valor de la sumergencia se da cuando el tiempo de bombeo es máximo para llenar el reservorio, que son **4 horas**, según la **tabla N°8**, para 4 horas de bombeo, tenemos una medida de sumergencia (**Sp=0.67m**).

Figura N° 27: Sumergencia en la tubería de succión



Fuente: adaptado (OPS/CEPIS, 2005), **Pg.10.**

Se determina la sumergencia teórica al que debe de trabajar la tubería de succión, conociendo el caudal de bombeo ($Q_b = 1.39L/s$), el diámetro de la tubería ($D = 3'' = 0.0762m$), velocidad en la tubería de succión ($V = 0.305 m/s$), longitud de la tubería ($L = 12.40m$), la sumergencia en función al diámetro de 3" aplicando la **Ec.9**,

$$S = 2.5 * D + 0.1 = 2.5 * 0.0762 + 0.1 \Rightarrow S = 0.291m$$

La sumergencia teórica por diámetro debe ser mayor a **0.29 metros**, y en función a la velocidad, aplicando la **Ec.10**.

$$S > 2.5 * \left(\frac{V^2}{2g} \right) + 0.20 = 2.5 * \left(\frac{0.305^2}{2 * 9.81} \right) + 0.20 \Rightarrow S > 0.21m$$

la sumergencia teórica por velocidad debe ser mayor a **0.21 metros**, siendo el mayor valor teórico de 0.291m, comparando los datos tomados en campo según los aforos tenemos una sumergencia practica ($S_p = 0.67m$), lo que demuestra una si cumple el diseño.

Cálculo de las pérdidas por fricción y accesorios:

Determinamos las pérdidas por fricción y accesorios en el sistema de bombeo, para ello es necesario utilizar los datos de la tubería de succión e impulsión, como velocidad (V), caudal (Q_b), diámetro de la tubería (D),

longitud (**L**), viscosidad cinemática del agua a 20°C ($\nu = 1.082E^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$), rugosidad de la tubería material PVC ($\epsilon = 3.0E^{-7} \text{ m}$).

Determinamos el número de Reynolds (**Nr**):

$$Nr = \frac{V * D}{\nu} = \frac{0.305 \text{ m/s} * 0.0762 \text{ m}}{1.082E^{-6} \text{ m}^2/\text{s}} \Rightarrow Nr = 21465.58$$

Si el Reynolds es mayor a 4000 entonces es un flujo turbulento, calculamos la rugosidad relativa.

$$\frac{D}{\epsilon} = \frac{0.0762 \text{ m}}{3.0E^{-7} \text{ m}} = 254000$$

Calculamos el coeficiente de fricción con la fórmula de Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{1}{3.7 \left(\frac{D}{\epsilon}\right)} + \frac{2.51}{Nr \sqrt{f}} \right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{1}{3.7 * 254000} + \frac{2.51}{21465.58 \sqrt{f}} \right)$$

Realizando iteraciones encontramos el coeficiente fricción (**f = 0.02545**).

Las pérdidas por fricción (**hf**), con la fórmula de **Darcy – Weisbach**.

$$hf = f \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} = 0.02545 \frac{12.40 \text{ m} * \left(0.305 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{0.0762 \text{ m} * 2 * \frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2}} \Rightarrow hf = 0.257 \text{ m}$$

Las pérdidas locales por accesorios (**hl**), los accesorios instalados en el sistema son, válvula, canastilla, en donde los coeficientes de resistencia son: (**K válvula = 2.5**), (**K canastilla = 0.8**).

$$hl = (Kv + Kc) \frac{V^2}{2g} = (2.5 + 0.8) * \frac{(0.305 \text{ m/s})^2}{2 * 9.81 \text{ m/s}^2} \Rightarrow hl = 0.012 \text{ m}$$

Las pérdidas totales en la succión (**Hfs**), se encuentra sumando las pérdidas por fricción y las pérdidas locales.

$$Hfs = hf + fl = 0.257 + 0.012 \Rightarrow Hfs = 0.289 \text{ m}$$

➤ **Línea de impulsión**

Cálculo de las pérdidas por fricción y accesorios

Las pérdidas por fricción (**hf**), con la fórmula de **Darcy – Weisbach**.

$$hf = f \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} = 0.02545 \frac{156.5m * \left(0.305 \frac{m}{s}\right)^2}{0.0762m * 2 * \frac{9.81m}{s^2}} \Rightarrow hf = 3.248m$$

Las pérdidas locales por accesorios (**hl**), los accesorios instalados en el sistema son, 1 codo de 90°, 2 codo de 45°, en donde los coeficientes de resistencia son: (**K Codo 90° = 0.90**), (**K codo 45° = 0.45**).

$$hl = (Kc90^\circ + Kc45^\circ + Kc45^\circ) \frac{V^2}{2g} = (0.9 + 0.5 + 0.5) * \frac{(0.305m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2}$$
$$\Rightarrow hl = 0.014m$$

Las pérdidas totales en la impulsión (**Hfi**), se encuentra sumando las pérdidas por fricción y las pérdidas locales.

$$Hfs = hf + fl = 3.248m + 0.014m \Rightarrow Hfs = 3.262m$$

Reemplazando los valores de las pérdidas en la línea de impulsión y la línea de succión hallamos las pérdidas totales en el sistema de bombeo.

$$Hftotal = Hfs + Hfi = 0.289m + 3.262m$$
$$\Rightarrow Hftotal = 3.551m$$

Las pérdidas por fricción en el sistema de bombeo (**Hftotal = 3.551m**).

Considerando los datos a los cuales estará trabajando la tubería de impulsión, como el caudal de bombeo (**Qb = 1.39 L/s**), Horas de bombeo por día (**Hb = 6 hrs**), determinamos el diámetro económico usando la **Ec.11**.

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * Qb^{0.45} = 0.96 * \left(\frac{6hrs}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * \left(1.39 \frac{l}{s}\right)^{0.45} \Rightarrow D = 0.032m$$

Determinamos un diámetro interior aproximado según cálculo tenemos (**DC 0.032m ≈ 1.25 pulg**), considerando un diámetro comercial existente en el mercado según el cálculo se considera que el diámetro de impulsión ideal para el sistema

(**Dc = 1.5 pulg**), diferente al diámetro existente de 3", el material que se utiliza según las especificaciones técnicas del material soporta (**P = 100 m.c.a**),

➤ **Funcionamiento de la bomba**

Capacidad volumétrica de la bomba (Cv)

Según las especificaciones de la bomba en su máximo rendimiento indica que el caudal de bombeo (**Qmr = 100.000m³/h**), según el aforo volumétrico en campo el caudal de bombeo (**Qb = 1.39 L/s = 5.004m³/h**).

$$Cv = \frac{Qb}{Qmr} * 100 = \frac{5.004 \frac{m^3}{h}}{100.000 \frac{m^3}{h}} * 100 \Rightarrow Cv = 5.004\%$$

La bomba presenta una capacidad volumétrica del 5.0%, de su capacidad al máximo rendimiento.

Capacidad hidráulica de la bomba (Ch)

Según las especificaciones técnicas del fabricante registrados en la placa de la bomba, indica que en su máximo rendimiento puede alcanzar una la altura (**Hmr = 68.00mca**), según el manómetro de la bomba a la fecha registra una presión manométrica a la salida (**Pm = 3.29 bar = 32.96 mca**).

Presión de ingreso al reservorio, utilizamos la ecuación de la energía, entre la salida de la bomba y el punto de entrega en el reservorio, considerado las pérdidas por fricción y accesorios en la tubería de impulsión (**Hfi = 3.262m**), altura geométrica (**Hg = 21.28m**).

$$Pre. manométrica = Hg + hft + ps$$

$$32.96mca = 21.28m + 3.262m + ps$$

$$\Rightarrow ps = 8.418m$$

La presión del flujo a la entrega en el reservorio es (**Ps = 8.418m**).

Utilizamos la **Ec.07**, reemplazamos los valores y calculamos la altura dinámica total (**Hdt**).

$$H_{dt} = H_g + H_{f_{total}} + P_s = 28.54m + 3.551m + 8.418m$$

$$\Rightarrow H_{dt} = 40.509m$$

La altura dinámica total (**Hdt = 40.509m**).

$$Ch = \frac{Hdt}{Hmr} * 100 = \frac{40.509 mca}{68.00mca} * 100 \Rightarrow Ch = 59.572\%$$

La bomba actualmente está trabajando con una **capacidad hidráulica de 59.572%** de su capacidad, demuestra que está en un estado deteriorado.

4.3.4 Línea de aducción

Considerando los datos como el caudal máximo horario (**Qmh = 0.69L/s = 0.00069 m³/s**), el diámetro existente de la tubería proyectada (**D = 1.5pulg**), material de la tubería, **PVC C-10**, usando la **Ec. 12**, calculamos el diámetro máximo y mínimo que debe de tener la tubería, considerando que **MVCS 2018**, indica que la velocidad mínima (**Vmín = 0.6 m/s**) y la velocidad máxima (**Vmáx = 3.0 m/s**).

Usamos la velocidad mínima para determinar el diámetro máximo.

$$Dmax = \sqrt{\frac{4 * Qmh}{\pi * Vmín}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00069}{\pi * 0.6}} = 0.038m = 1.51pulg \approx 1.5pulg$$

Usamos la velocidad máxima para determinar el diámetro mínimo.

$$Dmín = \sqrt{\frac{4 * Qmh}{\pi * Vmáx}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00069}{\pi * 3.0}} = 0.017m = 0.68 pulg \approx 1pulg$$

Entonces el diámetro debe estar entre **1pulg-1.5pulg**, pero en el sistema el diámetro existente es de **2pulg**, demostrando que no es aceptable para el sistema.

4.3.5 Red de distribución

Se conoce los diámetros en la tubería de la red de distribución, además de eso se conoce que de red instalada en el sistema es una red cerrada, realizamos mediciones de presiones en las viviendas cerca a los nodos, y en las partes finales de los ramales existentes, los registros se tomaron en día sábado en el horario de máximo consumo, 10:00 am -11:00am, realizando toma de datos de 20 viviendas, los registros se muestran en la **tabla N° 18**.

Tabla N° 14: Presiones dinámicas registradas en las viviendas en horario de máximo consumo

Punto	Coordenadas		Medida de presiones	
	Este	Norte	(bar)	(mca)
1	690,666.42	9,211,729.46	1.29	13.16
2	690,669.60	9,211,788.15	1.33	13.57
3	690,740.30	9,211,792.38	1.28	13.06
4	690,689.35	9,211,854.30	1.40	14.28
5	690,740.39	9,211,945.91	1.38	14.08
6	690,608.97	9,211,872.24	1.34	13.67
7	690,618.85	9,211,942.91	1.50	15.30
8	690,472.44	9,211,859.72	1.49	15.20
9	690,427.16	9,211,832.48	1.55	15.81
10	690,468.98	9,211,805.08	1.44	14.69
11	690,463.16	9,211,741.41	1.43	14.59
12	690,408.24	9,211,760.17	1.57	16.01
13	690,586.60	9,211,694.92	1.27	12.95
14	690,616.90	9,211,698.20	1.20	12.24
15	690,600.84	9,211,795.17	1.26	12.85
16	690,672.18	9,211,651.74	1.10	11.22
17	690,587.52	9,211,633.91	1.27	12.95
18	690,625.44	9,211,456.99	0.87	8.87
19	690,296.69	9,211,571.96	1.22	12.44
20	690,708.19	9,211,723.89	0.70	7.14

Fuente: elaboración propia

Según el **MVCS 2018**, Los diámetros mínimos de las tuberías principales para redes cerradas deben ser de 25 mm (1”), y en redes abiertas, se admite un diámetro de 20 mm (¾”) para ramales, la **presión mínima** de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de **5 m.c.a**, en los datos registrados tenemos como presión dinámica mínima (**P_{mín} = 7.14 mca**), y presiones máximas (**P_{máx} = 16.01 mca**).

Según el **MVCS 2018**, la **presión** estática en cualquier punto de la red de distribución no debe ser mayor de **60 m.c.a**, utilizando el software WaterCAD se realizó una simulación haciendo uso del caudal máximo horario (**Q_{mh} = 0.69L/s**) así poder encontrar las presiones estáticas registradas en la **tabla N°19**.

Tabla N° 15: Reporte de presiones en los nodos según el modelamiento hidráulico estático

Reporte de nodos				
Nodo	Elevación (msnm)	Caudal (L/s)	Gradiente Hidráulico	Presión (m H2O)
J-1	288.92	0.011	307.25	18.3
J-2	288.93	0.016	307.25	18.28
J-3	287.06	0.019	307.22	20.12
J-4	287.1	0.019	307.21	20.07
J-5	288.86	0.034	307.29	18.39
J-6	287.34	0.075	307.19	19.82
J-7	288.19	0.024	307.21	18.98
J-8	286.67	0.039	307.2	20.49
J-9	286.63	0.026	307.19	20.52
J-10	287.55	0.051	307.2	19.61
J-11	285.47	0.046	307.19	21.68
J-12	284.98	0.025	307.19	22.16
J-13	286.11	0.034	307.2	21.05
J-14	285.58	0.039	307.19	21.56
J-16	284.7	0.004	307.19	22.44
J-17	285.97	0.006	307.19	21.17
J-18	294.01	0.007	307.25	13.22
J-19	284.32	0.008	307.19	22.83
J-20	287.51	0.009	307.21	19.66
J-21	289.13	0.048	307.19	18.03
J-22	287.28	0.019	307.19	19.87
J-23	284.11	0.01	307.19	23.03
J-24	285	0.012	307.19	22.15
J-25	286.08	0.014	307.19	21.07
J-26	290.05	0.028	307.12	17.04
J-27	283.7	0.042	306.96	23.21

Según el reporte de las presiones estáticas en los nodos, tenemos una **presión mínima de 13.22 m H2O** y una **presión máxima de 23.31 m H2O**, lo cual demuestra que las presiones estáticas **no superan los 60 m H2O**, cumplen con lo establecido en **MVCS 2018**.

Según el **MVCS 2018**, en la red de distribución la **velocidad mínima** en la tubería no debe ser menor de 0,60 m/s y la máxima admisible debe ser de 3 m/s, según el modelamiento hidráulico estático el software WaterCAD nos permite determinar las velocidades en las tuberías que se presentan en la **tabla N°20**.

Tabla N° 16: Reporte velocidades en las tuberías según el modelamiento hidráulico estático

Reporte de tuberías					
Nodo Inicio	Nodo Final	Longitud (m)	Diámetro	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
J-1	J-2	4.22	43.4	0.344	0.232
J-3	J-4	5.87	43.4	0.134	0.091
J-5	J-1	18.64	43.4	0.362	0.244
J-6	J-7	30.52	43.4	-0.163	0.11
J-2	J-7	46.46	43.4	0.243	0.164
J-8	J-9	53.46	43.4	0.065	0.044
J-3	J-10	64.47	43.4	0.119	0.08
J-3	J-5	67.27	43.4	-0.272	0.184
J-11	J-12	67.43	43.4	-0.004	0.003
J-8	J-13	68.54	43.4	-0.058	0.039
J-10	J-8	69.37	43.4	0.059	0.04
J-4	J-13	71.39	43.4	0.106	0.072
J-14	J-11	72.03	43.4	-0.014	0.009
J-9	J-12	88.93	43.4	0.033	0.022
J-10	J-7	96.2	43.4	-0.056	0.038
J-6	J-14	142.09	43.4	0.035	0.024
J-11	J-10	139.74	43.4	-0.064	0.043
T-1	J-5	162.34	54.2	0.668	0.289
J-16	J-12	26.31	22.9	-0.004	0.009
J-9	J-17	45.72	22.9	0.006	0.015
J-18	J-1	53.44	22.9	-0.007	0.018
J-19	J-11	56.6	22.9	-0.008	0.019
J-4	J-20	62.87	22.9	0.009	0.021
J-2	J-21	64.57	29.4	0.085	0.125
J-6	J-22	64.62	29.4	0.011	0.016
J-14	J-23	69.6	22.9	0.01	0.023
J-21	J-22	76.03	29.4	0.009	0.013
J-24	J-8	90.27	29.4	-0.012	0.018
J-13	J-25	103.41	22.9	0.014	0.035
J-21	J-26	204.33	22.9	0.028	0.069
J-6	J-27	306.47	22.9	0.042	0.103

Según el reporte de las velocidades en las tuberías, tenemos una **velocidad mínima de 0.003 m/s** y una **velocidad máxima de 0.244 m/s**, lo cual demuestra que las velocidades estáticas **no superan la velocidad mínima de 0.6 m/s**, demostrando que no cumplen con lo establecido en **MVCS 2018**.

4.4 Operación y mantenimiento del sistema de agua potable

Para poder entender la operación y mantenimiento que se realiza en el sistema de agua potable en el centro poblado Casa Blanca, se realizó una encuesta a los usuarios y a la Juntas administradoras de servicios de saneamiento (Jass), para conocer los aspectos orientados a la operación y el mantenimiento, el análisis de las encuestas aplicadas demuestran que después de la construcción del sistema la responsabilidad de la operación y mantenimiento ha sido por un comité de agua, que a la fecha está formalizada como Jass, después de su construcción no se realizó ninguna inversión por alguna entidad para su mantenimiento, realizan un mantenimiento 1 vez por año, mediante un trabajo con todos los usuarios a convocatoria de la jass, los usuarios hacen un aporte de una cuota por el servicio del agua que asciende a 10 soles mensuales, no existen usuarios exonerados, con lo recaudado mensual, cubren los gastos de un operador e insumos para poner en funcionamiento el sistema , no existe un plan de mantenimiento, las encuestas se pueden apreciar en el **ANEXO N°7**.

Según **MVCS 2018**, que las estructuras como:

- Captación de pozo
- Reservorio
- Línea de impulsión
- Línea de aducción
- Red de distribución

Su periodo de diseño es 20 años, en condiciones de dar una buena operación y mantenimiento, por su parte los usuarios afirman que la construcción del sistema tampoco ha tenido un control de calidad en el momento de su ejecución, motivo por el cual a la fecha presenta deficiencias y los gastos para darle mantenimiento son excesivos, en especial el sistema de bombeo, que cada mes gastan más de 500 soles en combustible para poner en funcionamiento el sistema de bombeo.

4.1 Discusión de resultados

➤ Captación

En este estudio de la evaluación hidráulica muestra que el acuífero presenta valores de $T=33.81\text{m}^2/\text{día}$, $K=0.44\text{m/h}$, $S=11.90*10^{-2}$, valores que se encuentran dentro del

Rango de parámetros de evaluación de pozos (**Villanueva & Iglesias, 1984**), pero la evaluación del punto de vista estructural de la captación muestra que construida hace 22 años se encuentra en un mal estado, al igual que (**Cieza, 2021**), explica que en su investigación que la captación que evaluó la captación tenía alrededor de 18 años de construcción y está en mal estado, mismo demuestra (**Martinez, 2021**) en su evaluación, esto demuestra que las estructuras hidráulicas de captación cumplen su vida útil a los 20 años, como se especifica en. (**MVCS, 2018**).

➤ **Estación de bombeo**

En la evaluación del sistema de bombeo se logra determinar que la capacidad de rendimiento tanto en volumen, hidráulica y potencia, es inadecuado en condición deteriorado, producto de 22 años de funcionamiento sin tener algún mantenimiento, se concuerda con la investigación de (**Macias, 2016**), en Ecuador, muestra que el sistema por bombeo en donde realiza su investigación presenta problemas similares de rendimiento y necesita una reposición de equipo de bombeo, según la norma peruana (**MVCS, 2018**), indica que los sistemas de bombeo su tiempo de vida útil es 20 años, además que las horas del bombeo discontinuo no están de acorde al consumo horario de la población.

➤ **Tubería de succión**

La tubería de succión es de 3 pulgadas de diámetro de material PVC flexible, en donde la sumergencia con la que trabaja el sistema de bombeo es de 0.67 metros, según lo recomendado por (**MVCS, 2018**), la sumergencia en función al diámetro debe de ser 0.291 m, y en función a la velocidad debe de ser 0.21m, demostrando que la sumergencia de la succión trabaja sobre los valores sugeridos por (**MVCS, 2018**), demostrando que es aceptable.

➤ **Tubería de impulsión**

En la evaluación de la tubería de impulsión transporta un caudal de 1.39L/s, con un diámetro de 3 pulgadas, con una materia PVC clase 10, que trabaja a una presión de 32.96 m.c.a, (**MVCS, 2018**), indica que la presión estática máxima de la tubería no debe ser mayor al 75% de la presión de trabajo especificada por el fabricante, demostrando que la presión a la que trabaja la tubería de impulsión es aceptable, el diámetro aceptable para el sistema existente calculado según (**MVCS, 2018**), debe de

Ser 1.5 pulgadas, al comparar con el diámetro existente demuestra que es un diámetro no aceptable puesto que está sobredimensionado, la velocidad a la que está trabajando la tubería de impulsión es de 0.304m/s, (MVCS, 2018), recomiendo que las velocidades para tubería de impulsión debe de ser como mínimo, 0.6 m/s y máximo 2.0m/s, lo que demuestra que la velocidad a la que trabaja es inaceptable, presenta un valor inferior a la velocidad mínima recomendada.

➤ **Reservorio**

En la evaluación se logró determinar que la hora crítica de almacenamiento en el reservorio es 2:30pm, en donde es necesario bombear agua al reservorio durante dos horas para evitar cortar el servicio, ya que para esa hora el volumen en el reservorio es mínimo, la investigación nos permite calcular una dotación real de 56.179 L/p/d, valor que según (MVCS, 2018), se encuentra aproximado al consumo en la costa que es de 60L/p/d, los coeficientes de variación $k_1=1.186$, $k_2=2.239$, se encuentran en el rango establecido por (MVCS, 2018), lo cual demuestra que son valores aceptables, bajo el criterio técnico de la normativa.

➤ **Tubería de aducción**

En la investigación se identificó que el material es de PVC clase 10, el diámetro existente en la tubería de aducción es de 2 pulgadas, realizando los cálculos en función a las velocidades máximas y mínimas que recomienda (MVCS, 2018), el diámetro mínimo debe de ser 1 pulgada y el máximo de 1.5 pulgadas, demostrando que el diámetro existente no es el adecuado,

➤ **Red de distribución**

En la investigación se logró determinar que las presiones dinámicas en la red de distribución son mayores a 5 m.c.a, tal como recomienda (MVCS, 2018).

En el modelamiento hidráulico estático realizado haciendo uso del software WaterCAD, con el caudal máximo horario se determinó la presión mínima en la tubería de la red de distribución es de 13.22 m.c.a y la máxima es de 23.31 m.c.a, demostrando que las presiones estáticas cumple con lo establecido en (MVCS, 2018), al no superar los 60 m.c.a, además se estimó que la velocidad mínima en la red es de 0.003 m/s, y la máxima es de 0.244m/s, valores que no superan la velocidad mínima de 0.6 m/s, recomendado por (MVCS, 2018).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- De la evaluación del estado de los componentes de la infraestructura del sistema de agua potable del centro poblado de Casa Blanca, demuestra que la captación, la estación de bombeo, la línea de succión, impulsión, aducción y a red de distribución se encuentran en mal estado, la tubería presenta corrosión en su diámetro interno, el reservorio se encuentra tarrajeo demacrado, la resistencia del concreto según los ensayos de compresión son de 78.0 kg/cm² y 130.1 kg/cm², valores que no supera los 210 kg/cm², demostrando estar en mal estado.
- De la evaluación del funcionamiento hidráulico del sistema se estima que es funcional, en estado de deterioro, la captación cuenta con el volumen para satisfacer la necesidad, el sistema de bombeo instalado demuestra un mal funcionamiento en capacidad volumétrica y altura de bombeo, el reservorio tiene una capacidad de almacenamiento aceptable en las condiciones de trabajo actual, la red de distribución no tiene un desempeño aceptable, puesto que las velocidad estáticas a las que trabaja es muy bajas en comparación a lo recomendables por (MVCS, 2018), la dotación, coeficientes de variación son aceptables están aproximados a los valores recomendados por (MVCS, 2018).
- De la evaluación se determina que los usuarios pagan una cuota familiar que asciende a 10 soles mensual, para cubrir gastos de insumos y la remuneración mensual de un operador, los mantenimientos los realizan una vez por año, en excepciones lo hacen de manera emergente para evitar el corte de los servicios, en dichas actividades participan todos los usuarios a convocatoria de la Jass.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda cambiar las horas de bombeo en el caso de seguir con el sistema existente al horario discontinuo en turnos, primer turno: 3:30am-4:30am; segundo turno: 7:30am-8:30am; tercer turno: 9:am-10:30 am; cuarto turno: 12:30pm-1:30pm; quinto turno:2:30pm-3:30pm; sexto turno:4:30pm-5:30pm, que se ajusta a la realidad de consumo horario, mejorando así el horario de trabajo del operador.
- Se recomienda instalar la construcción de un cerco perimétrico, como medida de protección al as infraestructura de la captación, así como también se recomienda la instalación de una escalera dentro del pozo para realizar el mantenimiento,

Como también instalar anclajes para soporte de la tubería de succión que trabaja colgada.

- Se recomienda instalar un sistema nuevo de bombeo, con bomba centrífuga de eje horizontal, con diámetro de succión e impulsión de 1.5”, de 1.75HP, con capacidad de alcance de altura de 45.00 metros, y caudal de 2.06l/s, con un nuevo reservorio con almacenamiento de 10.00m³, la operación debe ser discontinua con 4 horas de bombeo, en los turnos, primer turno: 3.5 am - 4.5 am, segundo turno: 7.5 am - 8.5 am, tercer turno: 11.5 am - 12.5 pm, cuarto turno: 15.5 pm - 16.5 pm.
- Se recomienda la instalación de micromedidores en las instalaciones domiciliarias para controlar los consumos que no son de uso doméstico, realizando un trabajo social en coordinación con el ATM, UGM, áreas de competencia distrital y centro de salud del centro poblado Casa Blanca, orientado a la educación sanitaria.
- Se recomienda a la jass del centro poblado de Casa Blanca, solicitar asistencia técnica al área de ATM y UGM, del distrito de San Gregorio, para elaborar un plan de operación y mantenimiento del sistema de agua potable, que comprenda además la capacitación del operador del sistema para mejorar la prestación de servicio.
- Se recomienda a la jass y autoridades del centro poblado Casa Blanca, solicitar a la municipalidad distrital o provincial, un proyecto de inversión pública orientado al mejoramiento y ampliación del sistema de agua potable e instalación de un sistema de alcantarillado, con una planta de tratamiento de aguas residuales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agüero, P. R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima: Asociación servicios educativos rurales.
- Agüero, R. (2004). *Procedimientos para la operación y mantenimiento de capacitaciones y reservorio de almacenamiento*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Barrios, N. C., Torres, R. R., Cristina, L. T., & Roger, A. P. (2009). Guía de orientación en saneamiento básico para alcaldías de municipios rurales y pequeñas comunidades. *Asociación Servicios Educativos Rurales*, 125.
- Bentley, S. (2005). *Bentley Systems*. Estados Unidos: Bentley Systems.
- Cieza, S. J. (2021). Evaluación de los sistemas de agua potable de las localidades que conforman el Centro Poblado Chilimpampa Baja – Cajamarca, 2018. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 84.
- CONAGUA-. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento rehabilitación de pozos*. coyoacán: Mexico.
- CONAGUA. (2012). Manual de incremento de eficiencia física, hidráulica y energética en sistemas de agua potable. *Comisión Nacional de Agua*, 175.
- Corcho, R. F., & Duque, S. J. (2005). *Acueductos teoría y diseño*. Medellín: Universidad De Medellín.
- García, T. E. (2009). *Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales*. Lima: Fondo Peru-Alemania.
- Macías, C. J. (2016). Evaluación del sistema de agua potable de la Cabecera Parroquial Caracol y propuesta de mejoras. *Universidad de Guayaquil*, 134.
- Martínez, R. O. (2021). Evaluación y determinación del sistema de abastecimiento óptimo de agua potable del barrio Miraflores - Lircay - Angaraes - Huancavelica. *Universidad Nacional de Huancavelica*, 107.
- Megía, A., Castillo, O., & Vera, R. (2016). *Agua potable y saneamiento en la nueva ruralidad de América Latina*. Bogotá: CAF.
- MVCS. (2018). *Norma técnica de diseño: opciones tecnológicas para sistemas de saneamiento en el ámbito rural*. Lima: Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.
- OMS. (2019). Guía para el saneamiento y la salud. *Organismo Mundial de la Salud*, 200.
- OPS/CEPIS. (2005). Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable. *Guías para el diseño de estaciones de bombeo de agua potable*, 39.
- Rodríguez, R. P. (2001). *Abastecimiento de agua*. OAXACA: Instituto Tecnológico de Oaxaca.

USAID, U. S. (2016). *Manual de operación y mantenimiento de sistemas de agua potable por gravedad*. Tegucigalpa (Honduras): Manual 23, Servicios Públicos, caja de herramientas 2.

Villanueva, M. M., & Iglesias, L. A. (1984). *Pozos y acuíferos. Técnicas de evacuación mediante ensayos de bombeo*. Madrid: Madrid : Instituto Geológico y Minero de España.

ANEXOS:

ANEXO N° 1: Imagen satelital en donde se muestran los componentes del sistema de agua potable del centro poblado de Casa Blanca



ANEXO N° 2: Registro de los tirantes en el reservorio, diario semanal

SEMANA 1	DIA	FECHA	LECTURA DE DATOS EN EL PIEZÓMETRO			
			MAÑANA		TARDE	
			04:30	14:30	16:30	20:30
	LUNES	03/01/2022	2.03	0.36	1.08	0.73
	MARTES	04/01/2022	2.01	0.32	1.05	0.64
	MIÉRCOLES	05/01/2022	1.98	0.34	1.07	0.67
	JUEVES	06/01/2022	2.05	0.28	1.08	0.67
	VIERNES	07/01/2022	1.97	0.32	1.04	0.67
	SÁBADO	08/01/2022	2.05	0.28	0.85	0.16
	DOMINGO	09/01/2022	2.05	0.19	0.91	0.39

SEMANA 2	DIA	FECHA	LECTURA DE DATOS EN EL PIEZÓMETRO			
			MAÑANA		TARDE	
			04:30	14:30	16:30	20:30
	LUNES	17/01/2022	2.05	0.35	1.11	0.67
	MARTES	18/01/2022	1.86	0.26	1.02	0.53
	MIÉRCOLES	19/01/2022	1.92	0.19	0.92	0.55
	JUEVES	20/01/2022	2.05	0.31	1.12	0.66
	VIERNES	21/01/2022	1.93	0.26	0.99	0.57
	SÁBADO	22/01/2022	2.05	0.25	0.79	0.14
	DOMINGO	23/01/2022	2.05	0.21	0.94	0.43

SEMANA 3	DIA	FECHA	LECTURA DE DATOS EN EL PIEZÓMETRO			
			MAÑANA		TARDE	
			04:30	14:30	16:30	20:30
LUNES	07/02/2022	1.90	0.16	0.94	0.49	
MARTES	08/02/2022	2.00	0.29	1.05	0.63	
MIÉRCOLES	09/02/2022	1.96	0.17	0.96	0.65	
JUEVES	10/02/2022	1.99	0.25	1.06	0.55	
VIERNES	11/02/2022	1.95	0.30	0.85	0.63	
SÁBADO	12/02/2022	2.05	0.21	0.75	0.12	
DOMINGO	13/02/2022	2.05	0.22	0.88	0.43	

SEMANA 4	DIA	FECHA	LECTURA DE DATOS EN EL PIEZÓMETRO			
			MAÑANA		TARDE	
			04:30	14:30	16:30	20:30
LUNES	21/02/2022	1.85	0.21	0.98	0.50	
MARTES	22/02/2022	1.99	0.32	1.06	0.63	
MIÉRCOLES	23/02/2022	1.86	0.12	0.92	0.49	
JUEVES	24/02/2022	2.05	0.35	0.99	0.62	
VIERNES	25/02/2022	1.95	0.22	0.87	0.58	
SÁBADO	26/02/2022	2.05	0.24	0.79	0.11	
DOMINGO	27/02/2022	2.05	0.20	0.91	0.41	

ANEXO N° 3: Registros de los tirantes en el reservorio, horario en el día de máximo consumo

Día: sábado
Fecha: 08/01/2022

HORAS	LECTURA
04:30	2.05
05:30	1.99
06:30	1.84
07:30	1.65
08:30	1.44
09:30	1.23
10:30	0.99
11:30	0.77
12:30	0.65
13:30	0.47
14:30	0.28
15:30	0.56
16:30	0.85
17:30	0.67
18:30	0.48
19:30	0.27
20:30	0.16

Día: sábado
Fecha: 22/01/2022

HORAS	LECTURA
04:30	2.05
05:30	1.95
06:30	1.81
07:30	1.63
08:30	1.43
09:30	1.21
10:30	0.98
11:30	0.75
12:30	0.62
13:30	0.43
14:30	0.25
15:30	0.51
16:30	0.79
17:30	0.62
18:30	0.42
19:30	0.22
20:30	0.14

Día: sábado
Fecha: 12/02/2022

HORAS	LECTURA
04:30	2.05
05:30	1.98
06:30	1.82
07:30	1.61
08:30	1.41
09:30	1.18
10:30	0.94
11:30	0.7
12:30	0.58
13:30	0.39
14:30	0.21
15:30	0.47
16:30	0.75
17:30	0.57
18:30	0.37
19:30	0.22
20:30	0.12

Día: sábado
Fecha: 26/02/2022

HORAS	LECTURA
04:30	2.05
05:30	1.97
06:30	1.82
07:30	1.64
08:30	1.44
09:30	1.21
10:30	0.97
11:30	0.74
12:30	0.6
13:30	0.42
14:30	0.24
15:30	0.51
16:30	0.79
17:30	0.6
18:30	0.42
19:30	0.22
20:30	0.11

ANEXO N° 4: Tablas de excel del procesamiento y cálculo de volumen de consumo diario

SEMANA 1											
DIA	FECHA	REGISTRO TURNO MAÑANA		DH1	REGISTRO TURNO TARDE		DH2	ΔH_i ; QEntrada	DH1 + DH2+DH _i	Vol. Total (m ³)	Vol. Total (L)
		04:30	14:30		16:30	20:30					
LUNES	03/01/2022	2.03	0.36	1.67	1.08	0.73	0.35	0.26	2.28	23.21	23207.57
MARTES	04/01/2022	2.01	0.32	1.69	1.05	0.64	0.41	0.25	2.35	23.92	23920.09
MIÉRCOLES	05/01/2022	1.98	0.34	1.64	1.07	0.67	0.4	0.25	2.29	23.31	23309.36
JUEVES	06/01/2022	2.05	0.28	1.77	1.08	0.67	0.41	0.18	2.36	24.02	24021.87
VIERNES	07/01/2022	1.97	0.32	1.65	1.04	0.67	0.37	0.26	2.28	23.21	23207.57
SÁBADO	08/01/2022	2.05	0.28	1.77	0.85	0.16	0.69	0.41	2.87	29.21	29213.04
DOMINGO	09/01/2022	2.05	0.19	1.86	0.91	0.39	0.52	0.26	2.64	26.87	26871.93

SEMANA 2											
DIA	FECHA	REGISTRO TURNO MAÑANA		DH1	REGISTRO TURNO TARDE		DH2	ΔH_i ; QEntrada	DH1 + DH2+DH _i	Vol. Total (m ³)	Vol. Total (L)
		04:30	14:30		16:30	20:30					
LUNES	17/01/2022	2.05	0.35	1.70	1.11	0.67	0.44	0.22	2.36	24.02	24021.87
MARTES	18/01/2022	1.86	0.26	1.60	1.02	0.53	0.49	0.22	2.31	23.51	23512.94
MIÉRCOLES	19/01/2022	1.92	0.19	1.73	0.92	0.55	0.37	0.25	2.35	23.92	23920.09
JUEVES	20/01/2022	2.05	0.31	1.74	1.12	0.66	0.46	0.17	2.37	24.12	24123.66
VIERNES	21/01/2022	1.93	0.26	1.67	0.99	0.57	0.42	0.25	2.34	23.82	23818.30
SÁBADO	22/01/2022	2.05	0.25	1.80	0.79	0.14	0.65	0.44	2.89	29.42	29416.62
DOMINGO	23/01/2022	2.05	0.21	1.84	0.94	0.43	0.51	0.25	2.60	26.46	26464.78

SEMANA 3											
DIA	FECHA	REGISTRO TURNO MAÑANA		DH1	REGISTRO TURNO TARDE		DH2	ΔH_i ; QEntrada	DH1 + DH2+DH _i	Vol. Total (m ³)	Vol. Total (L)
		04:30	14:30		16:30	20:30					
LUNES	07/02/2022	1.90	0.16	1.74	0.94	0.49	0.45	0.20	2.39	24.33	24327.24
MARTES	08/02/2022	2.00	0.29	1.71	1.05	0.63	0.42	0.22	2.35	23.92	23920.09
MIÉRCOLES	09/02/2022	1.96	0.17	1.79	0.96	0.65	0.31	0.19	2.29	23.31	23309.36
JUEVES	10/02/2022	1.99	0.25	1.74	1.06	0.55	0.51	0.17	2.42	24.63	24632.60
VIERNES	11/02/2022	1.95	0.30	1.65	0.85	0.63	0.22	0.43	2.30	23.41	23411.15
SÁBADO	12/02/2022	2.05	0.21	1.84	0.75	0.12	0.63	0.44	2.91	29.62	29620.19
DOMINGO	13/02/2022	2.05	0.22	1.83	0.88	0.43	0.45	0.32	2.60	26.46	26464.78

SEMANA 4											
DIA	FECHA	REGISTRO TURNO MAÑANA		DH1	REGISTRO TURNO TARDE		DH2	ΔH_i ; QEntrada	DH1 + DH2+DH _i	Vol. Total (m ³)	Vol. Total (L)
		04:30	14:30		16:30	20:30					
LUNES	21/02/2022	1.85	0.21	1.64	0.98	0.50	0.48	0.21	2.33	23.72	23716.51
MARTES	22/02/2022	1.99	0.32	1.67	1.06	0.63	0.43	0.24	2.34	23.82	23818.30
MIÉRCOLES	23/02/2022	1.86	0.12	1.74	0.92	0.49	0.43	0.18	2.35	23.92	23920.09
JUEVES	24/02/2022	2.05	0.35	1.70	0.99	0.62	0.37	0.34	2.41	24.53	24530.81
VIERNES	25/02/2022	1.95	0.22	1.73	0.87	0.58	0.29	0.33	2.35	23.92	23920.09
SÁBADO	26/02/2022	2.05	0.24	1.81	0.79	0.11	0.68	0.43	2.92	29.72	29721.98
DOMINGO	27/02/2022	2.05	0.20	1.85	0.91	0.41	0.5	0.27	2.62	26.67	26668.35

ANEXO N° 5: Resumen de volúmenes de consumo diario

SEMANA	DESCRIPCIÓN	DIAS						
		LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO
1	FECHA	03/01/2022	04/01/2022	05/01/2022	06/01/2022	07/01/2022	08/01/2022	09/01/2022
	VOLUMEN(L)	23207.57	23920.09	23309.36	24021.87	23207.57	29213.04	26871.93
	CAUDAL (L/S)	0.27	0.28	0.27	0.28	0.27	0.34	0.31
2	FECHA	17/01/2022	18/01/2022	19/01/2022	20/01/2022	21/01/2022	22/01/2022	23/01/2022
	VOLUMEN(L)	24021.87	23512.94	23920.09	24123.66	23818.30	29416.62	26464.78
	CAUDAL (L/S)	0.28	0.27	0.28	0.28	0.28	0.34	0.31
3	FECHA	07/02/2022	08/02/2022	09/02/2022	10/02/2022	11/02/2022	12/02/2022	13/02/2022
	VOLUMEN(L)	24327.24	23920.09	23309.36	24632.60	23411.15	29620.19	26464.78
	CAUDAL (L/S)	0.28	0.28	0.27	0.29	0.27	0.34	0.31
4	FECHA	21/02/2022	22/02/2022	23/02/2022	24/02/2022	25/02/2022	26/02/2022	27/02/2022
	VOLUMEN(L)	23716.51	23818.30	23920.09	24530.81	23920.09	29721.98	26668.35
	CAUDAL (L/S)	0.27	0.28	0.28	0.28	0.28	0.34	0.31

ANEXO N° 6: Tablas de excel del procesamiento y cálculo de volumen de consumo horario

Día: sábado 08 de enero del 2022																	
HORA	4.30	5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30
LECTURA	2.05	1.99	1.84	1.65	1.44	1.23	0.99	0.77	0.65	0.47	0.28	0.56	0.85	0.67	0.48	0.27	0.16
DH	-	0.06	0.15	0.19	0.21	0.21	0.24	0.22	0.12	0.18	0.19	0.21	0.2	0.18	0.19	0.21	0.11
Vol.(m3)	-	0.61	1.53	1.93	2.14	2.14	2.44	2.24	1.22	1.83	1.93	2.14	2.04	1.83	1.93	2.14	1.12
Q(L/s)	-	0.17	0.42	0.54	0.59	0.59	0.68	0.62	0.34	0.51	0.54	0.59	0.57	0.51	0.54	0.59	0.31
Día: sábado 22 de enero del 2022																	
HORA	4.30	5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30
LECTURA	2.05	1.95	1.81	1.63	1.43	1.21	0.98	0.75	0.62	0.43	0.25	0.51	0.79	0.62	0.42	0.22	0.14
DH	-	0.1	0.14	0.18	0.2	0.22	0.23	0.23	0.13	0.188	0.187	0.225	0.21	0.17	0.2	0.2	0.08
Vol.(m3)	-	1.02	1.43	1.83	2.04	2.24	2.34	2.34	1.32	1.91	1.90	2.29	2.14	1.73	2.04	2.04	0.81
Q(L/s)	-	0.28	0.40	0.51	0.57	0.62	0.65	0.65	0.37	0.53	0.53	0.64	0.59	0.48	0.57	0.57	0.23
Día: sábado 12 de febrero del 2022																	
HORA	4.30	5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30
LECTURA	2.05	1.98	1.82	1.61	1.41	1.18	0.94	0.7	0.58	0.39	0.21	0.47	0.75	0.57	0.37	0.22	0.12
DH	-	0.07	0.16	0.21	0.2	0.23	0.245	0.235	0.125	0.185	0.185	0.23	0.205	0.185	0.195	0.15	0.1
Vol.(m3)	-	0.71	1.63	2.14	2.04	2.34	2.49	2.39	1.27	1.88	1.88	2.34	2.09	1.88	1.98	1.53	1.02
Q(L/s)	-	0.20	0.45	0.59	0.57	0.65	0.69	0.66	0.35	0.52	0.52	0.65	0.58	0.52	0.55	0.42	0.28
Día: sábado 26 de febrero del 2022																	
HORA	4.30	5.30	6.30	7.30	8.30	9.30	10.30	11.30	12.30	13.30	14.30	15.30	16.30	17.30	18.30	19.30	20.30
LECTURA	2.05	1.97	1.82	1.64	1.44	1.21	0.97	0.74	0.60	0.42	0.24	0.51	0.79	0.6	0.42	0.22	0.11
DH	-	0.08	0.15	0.18	0.205	0.23	0.235	0.23	0.145	0.175	0.18	0.22	0.21	0.19	0.185	0.195	0.11
Vol.(m3)	-	0.81	1.53	1.83	2.09	2.34	2.39	2.34	1.48	1.78	1.83	2.24	2.14	1.93	1.88	1.98	1.12
Q(L/s)	-	0.23	0.42	0.51	0.58	0.65	0.66	0.65	0.41	0.49	0.51	0.62	0.59	0.54	0.52	0.55	0.31

ANEXO N° 7: Encuesta aplicada a los usuarios y junta directiva

ENCUESTA SOBRE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE

a. Ubicación

Centro Poblado: Distrito:
Provincia: Departamento:
Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre () Madre ()

otro.....

b. Datos generales

1. Tenencia de la vivienda

- Propia - Alquilada - Alquiler venta

2. ¿Qué tipo de fuente de agua abastece al sistema? Marque con un X

Manantial Pozo Agua Superficial

3. ¿Cómo es el sistema de abastecimiento? Marque con un X

Por gravedad Por bombeo

4. ¿De dónde consigue normalmente el agua para consumo de la familia? (marcar sólo una opción)

- De manantial o puquio - Conexión o grifo domiciliario
- De río - Pileta Pública
- De pozo - Otro

5. ¿Cuántos litros de agua consume la familia por día?

- Menor o igual a 20 lts - De 81 a 120 lts
- De 21 a 40 lts - Mayor a 120 lts
- De 41 a 80 lts

6. ¿Almacena o guarda agua en la casa?

SI NO

7. ¿Cuál o cuáles son los meses que consume más agua?

.....

c. Operación y mantenimiento

8. ¿Quién es responsable de la operación y mantenimiento del servicio de agua?

Marque con una X

- | | | | |
|----------------------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| - Municipalidad | <input type="checkbox"/> | - Autoridades | <input type="checkbox"/> |
| - Núcleo ejecutor / Comité | <input type="checkbox"/> | -Nadie | <input type="checkbox"/> |
| - Junta Administradora | <input type="checkbox"/> | - EPS | <input type="checkbox"/> |
| - JASS reconocida | <input type="checkbox"/> | | |

9. Fecha en que se concluyó la construcción del sistema de agua potable:

.....

10. Institución Ejecutora:

.....

11. ¿Se han realizado nuevas inversiones, después de haber entregado el sistema de agua potable a la comunidad?

Marque con una X

- SI NO

12. ¿Existe una cuota familiar establecida para el servicio de agua potable? Marque con una X

- SI NO

13. ¿Cuánto es la cuota por el servicio de agua?

14. ¿Cuántos no pagan la cuota familiar?

15. ¿Existe un plan de mantenimiento? Marque con una X

- | | | | |
|-------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| - SI, y se cumple | <input type="checkbox"/> | - SI, pero no se cumple | <input type="checkbox"/> |
| - SI, se cumple a veces | <input type="checkbox"/> | - NO existe | <input type="checkbox"/> |

16. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento? Marque con una X

- | | | | |
|------|--------------------------|-------------------|--------------------------|
| - SI | <input type="checkbox"/> | - A veces algunos | <input type="checkbox"/> |
| - NO | <input type="checkbox"/> | - Solo la Junta | <input type="checkbox"/> |

17. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza y desinfección del sistema? Marcar con una X

- | | | | |
|--------------------|--------------------------|------------------------------|--------------------------|
| - Una vez al año | <input type="checkbox"/> | - Cuatro veces al año | <input type="checkbox"/> |
| - Dos veces al año | <input type="checkbox"/> | - Más de cuatro veces al año | <input type="checkbox"/> |

- Tres veces al año - No se hace

18. ¿Cada qué tiempo cloran el agua? Marcar con una X

- Entre 15 y 30 días - Más de 3 meses
- Cada 3 meses - Nunca

19. ¿Qué prácticas de conservación de la fuente de agua, en el área de influencia del manantial

existen? Marque con una X

- Zanjas de infiltración - Conservación de la vegetación natural
- Forestación - No existe

20. ¿Quién se encarga de los servicios de gasfitería? Marque con una X

- Gasfitero / operador - Los usuarios
- Los directivos - Nadie

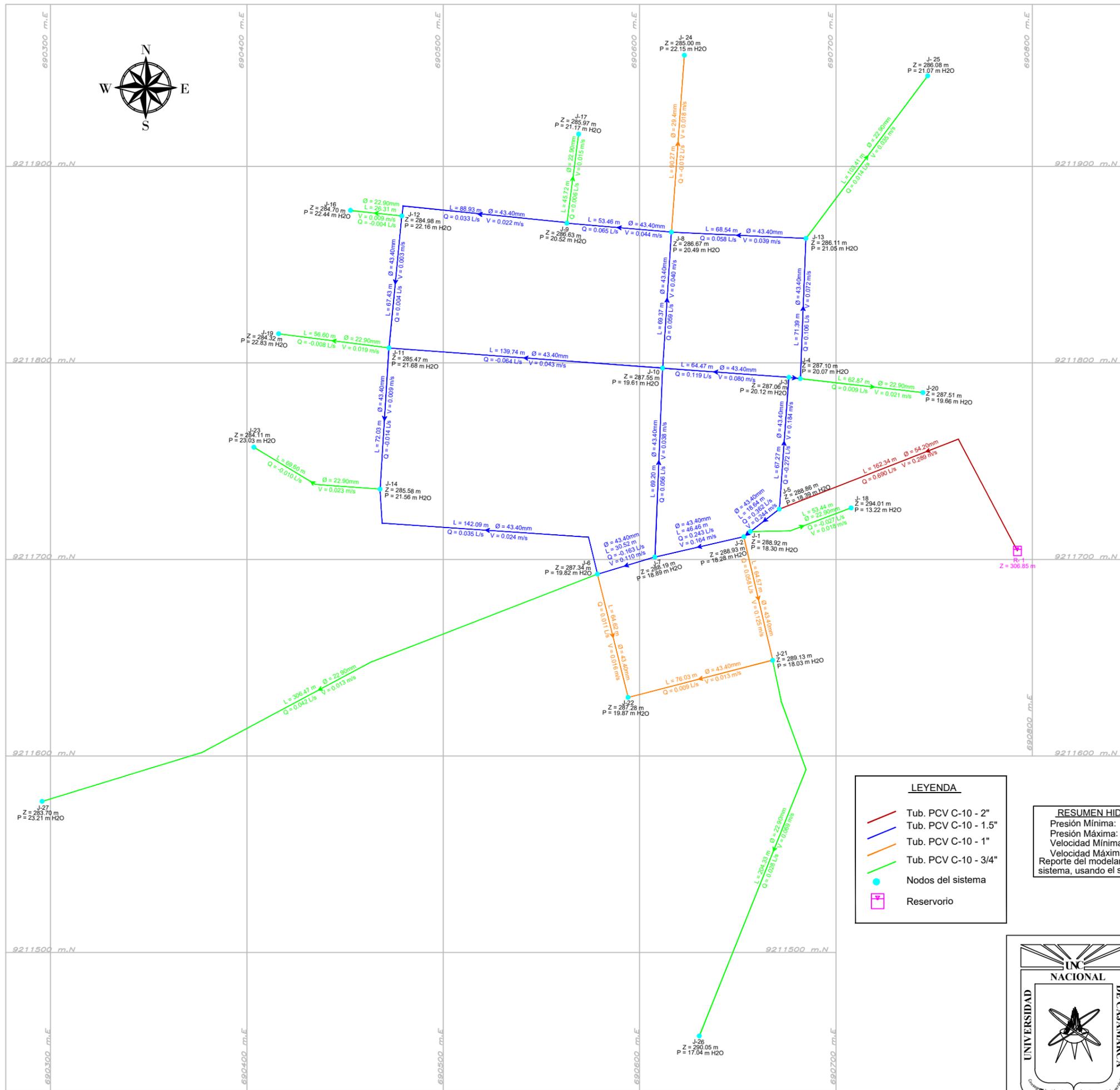
21. ¿Es remunerado el encargado de los servicios de gasfitería? Marque con una X

SI NO

22. ¿Cuenta el sistema con herramientas necesarias para la operación y mantenimiento? Marque con una X

- SI - Algunas
- NO - Son del gasfitero

ANEXO N° 8: Plano del modelamiento estático de la red de distribución del centro poblado de Casa Blanca haciendo uso del software WaterCAD



REPORTE DE TUBERIAS					
Nodo inicial	Nodo Final	Longitud (m)	Diametro	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)
J-1	J-2	4.220	43.400	0.344	0.232
J-3	J-4	5.870	43.400	0.134	0.091
J-5	J-1	18.640	43.400	0.362	0.244
J-6	J-7	30.520	43.400	-0.163	0.110
J-2	J-7	46.460	43.400	0.243	0.164
J-8	J-9	53.460	43.400	0.065	0.044
J-3	J-10	64.470	43.400	0.119	0.080
J-3	J-5	67.270	43.400	-0.272	0.184
J-11	J-12	67.430	43.400	-0.004	0.003
J-8	J-13	68.540	43.400	-0.058	0.039
J-10	J-8	69.370	43.400	0.059	0.040
J-4	J-13	71.390	43.400	0.106	0.072
J-14	J-11	72.030	43.400	-0.014	0.009
J-9	J-12	88.930	43.400	0.033	0.022
J-10	J-7	96.200	43.400	-0.056	0.038
J-6	J-14	142.090	43.400	0.035	0.024
J-11	J-10	139.740	43.400	-0.064	0.043
T-1	J-5	162.340	54.200	0.668	0.289
J-16	J-12	26.310	22.900	-0.004	0.009
J-9	J-17	45.720	22.900	0.006	0.015
J-18	J-1	53.440	22.900	-0.007	0.018
J-19	J-11	56.600	22.900	-0.008	0.019
J-4	J-20	62.870	22.900	0.009	0.021
J-2	J-21	64.570	29.400	0.085	0.125
J-6	J-22	64.620	29.400	0.011	0.016
J-14	J-23	69.600	22.900	0.010	0.023
J-21	J-22	76.030	29.400	0.009	0.013
J-24	J-8	90.270	29.400	-0.012	0.018
J-13	J-25	103.410	22.900	0.014	0.035
J-21	J-26	204.330	22.900	0.028	0.069
J-6	J-27	306.470	22.900	0.042	0.103

REPORTE DE NODOS				
Nodo	Elevación (msnm)	Caudal (L/s)	Gradiente Hidráulico	Presión (m H2O)
J-1	288.920	0.011	307.250	18.300
J-2	288.930	0.016	307.250	18.280
J-3	287.060	0.019	307.220	20.120
J-4	287.100	0.019	307.210	20.070
J-5	288.860	0.034	307.290	18.390
J-6	287.340	0.075	307.190	19.820
J-7	288.190	0.024	307.210	18.980
J-8	286.670	0.039	307.200	20.490
J-9	286.630	0.026	307.190	20.520
J-10	287.550	0.051	307.200	19.610
J-11	285.470	0.046	307.190	21.680
J-12	284.980	0.025	307.190	22.160
J-13	286.110	0.034	307.200	21.050
J-14	285.580	0.039	307.190	21.560
J-16	284.700	0.004	307.190	22.440
J-17	285.970	0.006	307.190	21.170
J-18	294.010	0.007	307.250	13.220
J-19	284.320	0.008	307.190	22.830
J-20	287.510	0.009	307.210	19.660
J-21	289.130	0.048	307.190	18.030
J-22	287.280	0.019	307.190	19.870
J-23	284.110	0.010	307.190	23.030
J-24	285.000	0.012	307.190	22.150
J-25	286.080	0.014	307.190	21.070
J-26	290.050	0.028	307.120	17.040
J-27	283.700	0.042	306.960	23.210

LEYENDA

- Tub. PCV C-10 - 2"
- Tub. PCV C-10 - 1.5"
- Tub. PCV C-10 - 1"
- Tub. PCV C-10 - 3/4"
- Nodos del sistema
- Reservorio

RESUMEN HIDRÁULICO
 Presión Mínima: 13.22 m H2O
 Presión Máxima: 23.31 m H2O
 Velocidad Mínima: 0.003 m/s
 Velocidad Máxima: 0.244 m/s
 Reporte del modelamiento estático del sistema, usando el software watercad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA

TESIS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO CASA BLANCA, DISTRITO DE SAN GREGORIO - SAN MIGUEL, 2021

PLANO: MODELAMIENTO ESTÁTICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN UTILIZANDO EL SOFTWARE WATERCAD **ESCALA:** 1/2000

BACHILLER: Tacilla Mantilla, Misael **PLANO N°**

ASESOR: Dr. Ing. Vásquez Ramírez, Luis **01**

Fecha: Cajamarca de 2022

ANEXO N° 9: Panel fotográfico

Figura N° 28: Reconocimiento de la captación del sistema de agua potable, con autoridades locales municipales



Figura N° 29: Reconocimiento del reservorio del sistema del agua potable, con apoyo de las autoridades locales municipales



Figura N° 30: Tomando las medidas geométricas del reservorio



Figura N° 31: Caja de cámara de válvulas del reservorio



Figura N° 32: Instalación del piezómetro en el reservorio



Figura N° 33: Midiendo la profundidad total del pozo



Figura N° 34: Nivel estático del pozo, en su máxima capacidad de almacenamiento

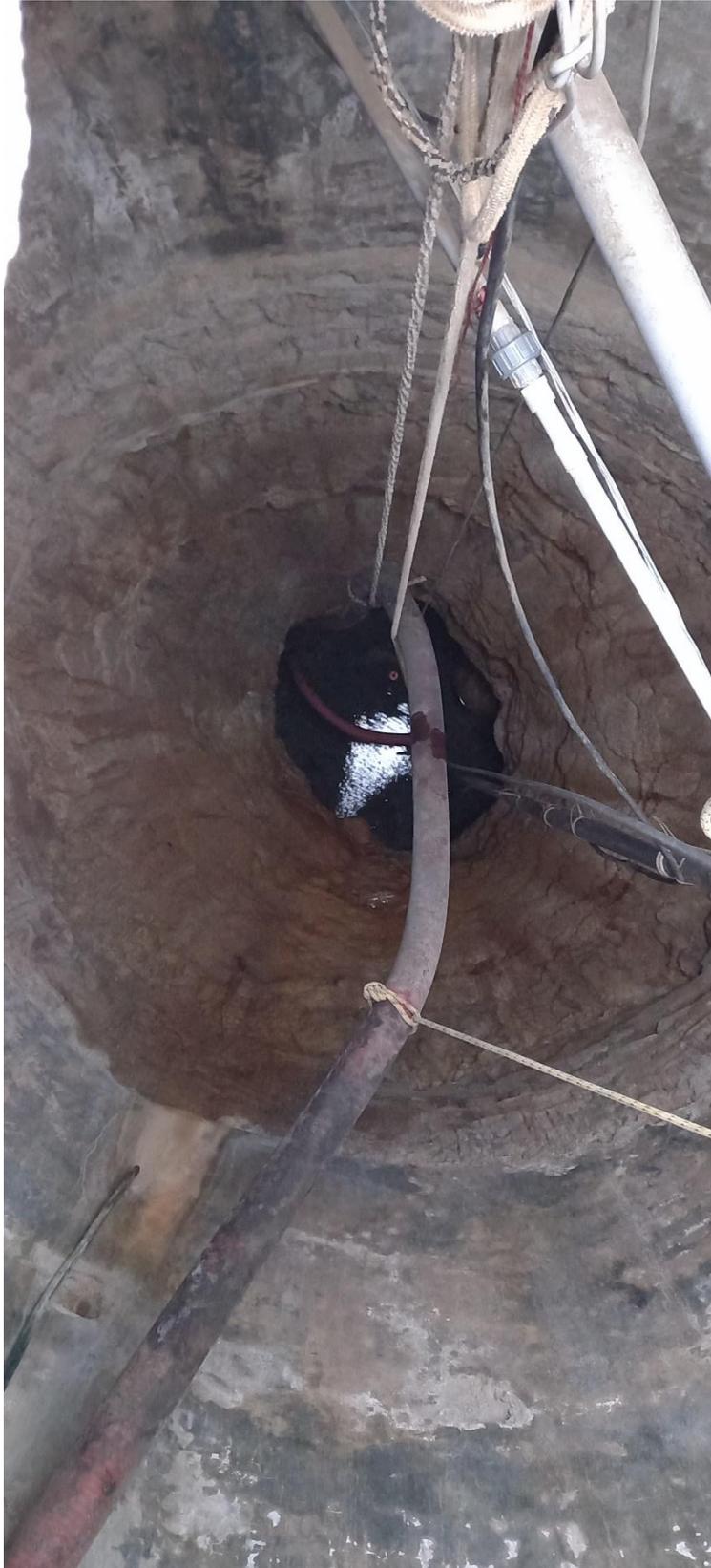


Figura N° 35: Evaluando el diámetros y estado de la tubería de impulsión del sistema



Figura N° 36: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales conectados después de la construcción del proyecto



Figura N° 37: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales de conexiones adicionales después de la ejecución del proyecto y alejadas



Figura N° 38: Evaluado el diámetro y estado de la red de distribución en las conexiones más bajas



Figura N° 39: Evaluando el diámetro y estado de la red de distribución ramales principales antiguos



Figura N° 40: Tubería expuesta en red de distribución expuesta al paso de quebrada



Figura N° 41: Registro de presiones en la última conexión domiciliar de la red de distribución



Figura N° 42: Realizando los registros de las presiones en las casas más cercanas a los nodos de la red de distribución



Figura N° 43: Configuración de la base para el levantamiento topográfico con GPS diferencial



Figura N° 44: Levantamiento de la red de distribución



Figura N° 45: Levantamiento topográfico de la línea de impulsión y aducción



ANEXO N° 10: Ensayo a compresión uniaxial de núcleos de concreto endurecido

RUC: 20602101488

Dirección: Psj. Diego Ferre N° 295 – Barrio San Martín – Cajamarca.

CORREO: guersaningenieros@gmail.com

ENSAYOS A COMPRESIÓN UNIAXIAL DE NÚCLEOS DE CONCRETO ENDURECIDO

TESIS:

“EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN
EL CENTRO POBLADO CASA BLANCA, DISTRITO DE
SAN GREGORIO – SAN MIGUEL, 2021”

TESISTA:

Bach. TACILLA MANTILLA MISAEEL

ASESOR:

Dr. Ing. VÁSQUEZ RAMÍREZ LUIS

UBICACIÓN:

CENTRO POBLADO CASA BLANCA DEL DISTRITO
DE SAN GREGORIO, PROVINCIA SAN MIGUEL,
DEPARTAMENTO CAJAMARCA

CAJAMARCA, 11 DE JULIO DEL 2022

ÍNDICE

INFORME.....	2
1.0. GENERALIDADES:.....	2
1.1. Objetivo del Informe:.....	2
2.0. DATOS DE IDENTIFICACIÓN:	2
3.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO:.....	2
4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO:	3
4.1. ENSAYO DE PERFILADO Y REFRENDADO:.....	3
4.2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN UNIAXIAL:	3
5.0. EVALUACIÓN DEL CONCRETO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:	3
6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:	4

ANEXOS

ANEXO 01

ENSAYOS DE COMPRESIÓN UNIAXIAL

ANEXO 02

PANEL FOTOGRÁFICO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

.....
Jhoan Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 265746

INFORME TÉCNICO DEL ESTADO ACTUAL DEL CONCRETO

1.0. GENERALIDADES:

1.1. **Objetivo del Informe:**

El presente informe tiene por finalidad dar a conocer al **Bach. TACILLA MANTILLA MISAEL** los resultados de la evaluación del estado actual de la calidad del concreto de los elementos que componen la infraestructura existente del reservorio, que por ubicación geográfica comparte el área de influencia directa del proyecto: “EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO CASA BLANCA, DISTRITO DE SAN GREGORIO – SAN MIGUEL, 2021”

2.0. DATOS DE IDENTIFICACIÓN:

PROYECTO : “EVALUACION DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE EN EL CENTRO POBLADO CASA BLANCA, DISTRITO DE SAN GREGORIO – SAN MIGUEL, 2021”

UBICACIÓN : CENTRO POBLADO CASA BLANCA DEL DISTRITO DE SAN GREGORIO, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA

TESISTA : Bach. TACILLA MANTILLA MISAEL

3.0. INVESTIGACIONES DE CAMPO:

Para evaluar la resistencia a compresión uniaxial del concreto, se realizó la extracción de 02 núcleos de concreto endurecido. Las muestras cilíndricas se extrajeron bajo la Norma A.S.T.M. C 42M/NTP 339.059, para mayor detalle se especifican a continuación:

CANTIDAD DE NÚCLEOS	UBICACIÓN	MUESTRA
01	RESERVORIO	M – 1
01	RESERVORIO	M – 2

*Nota: M-1, M-2, hace referencia a la codificación de los núcleos de concreto extraídos.

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

Jhoan Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 265746

4.0. ENSAYOS DE LABORATORIO:

Los ensayos de perfilado, refrendado y prueba de compresión uniaxial de los núcleos extraídos se realizaron en el Laboratorio Guersan Ingenieros, bajo las Normas A.S.T.M. (American Society For Testing and Materials) y NTP (Normas técnicas peruanas).

4.1. ENSAYO DE PERFILADO Y REFRENDADO:

Se lo realizó de acorde a la norma ASTM C 1231/NTP 339.037, para cada muestra extraída.

4.2. ENSAYOS DE COMPRESIÓN UNIAXIAL:

02 ensayos de compresión uniaxial de acorde a la norma ASTM C 39 / NTP339.034.

5.0. EVALUACIÓN DEL CONCRETO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES:

Con el objeto de verificar la resistencia a compresión uniaxial del concreto, se realizó la extracción de 02 núcleos de concreto endurecido con diamantina; de los cuales luego de realizar el ensayo a compresión uniaxial se obtuvieron los siguientes resultados:

MUESTRA	IDENTIFICACIÓN	f'c ESPECIFICADA (kg/cm2)	RESISTENCIA OBTENIDA (kg/cm2)	% OBTENIDO DEL f'c ESPECIFICADO
M – 1	RESERVORIO	210	78.0	37.14
M – 2	RESERVORIO	210	130.1	61.95

De acuerdo al reglamento ACI, el concreto de la zona representada por las pruebas de corazones (diamantina), se considera estructuralmente adecuado, si el promedio de la resistencia a compresión de los corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia a compresión especificada (f'c) y ningún corazón debería tener una resistencia menor del 75% de la resistencia a compresión especificada (f'c).

6.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES:

- La extracción de los ensayos de auscultación destructivos en concreto endurecido, se realizaron el 09 de julio de 2022, (02) sobre el reservorio, perteneciente a la infraestructura existente del Reservorio, Centro Poblado Casa Blanca del distrito de San Gregorio, Provincia San Miguel, Departamento Cajamarca.
- Los ensayos de auscultación destructivos en concreto endurecido, llamados también extracción de núcleos o corazones en concreto endurecido con diamantina, se realizaron acorde a la Norma A.S.T.M. C 42/N.T.P. 339.059. Se realizó la extracción de 03 núcleos, de la siguiente manera:
 - o 01 núcleo perteneciente al reservorio (M-1).
 - o 01 núcleo perteneciente al reservorio (M-2).
- El ensayo en mención, evalúa la resistencia a compresión uniaxial, el cual consiste en la extracción con diamantina (ASTM C 42/ NTP. 339.059), refrendado (ASTM C 1231/ NTP. 339.037) y ensayo a compresión de núcleos o corazones tomados de los elementos de concreto endurecido de acorde a la norma ASTM C 39/NTP 339.034.
- De acuerdo al reglamento ACI, el concreto de la zona representada por las pruebas de corazones, se considera estructuralmente adecuada, si el promedio de la resistencia a compresión de los corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia a compresión especificada ($f'c$) y ningún corazón debería tener una resistencia menor del 75% de la resistencia a compresión especificada ($f'c$).
- De los resultados obtenidos luego de realizar las pruebas de compresión uniaxial de las muestras extraídas de concreto, se concluye que el concreto existente en los elementos estructurales estudiados; en el **reservorio, NO CUMPLEN** las especificaciones técnicas requeridas de acorde a lo estipulado en el reglamento (ACI) para ser considerado estructuralmente adecuado. Es decir, no logran alcanzar por lo menos el 85% resistencia a compresión especificada ($f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$).

ANEXO 01.

ENSAYO A COMPRESIÓN UNIAXIAL

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

.....
Jhoan Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 265746

	CERTIFICADO DE ENSAYOS A COMPRESIÓN UNIAXIAL	
	GI-CCC-026-07-22	Fecha: 11/07/2022

NÚCLEOS O CORAZONES CILÍNDRICOS DE CONCRETO ENDURECIDO

MATERIAL: NUCLEOS ENDURECIDOS DE CONCRETO

PROYECTO: Bach. TACILLA MANTILLA MISAEI

UBICACIÓN: CENTRO POBLADO CASA BLANCA DEL DISTRITO DE SAN GREGORIO, PROVINCIA SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO CAJAMARCA

NORMA TÉCNICA: A.S.T.M. C 42M-13 / N.T.P. 339.059

SOLICITANTE: Bach. TACILLA MANTILLA MISAEI

FECHA: lunes, 11 de Julio de 2022

ENSAYO N°	Fecha de Extracción	Fecha de Ensayo	Código	Identificación	fc especificado kg/cm2	Diámetro (d) (cm)	Altura (h) (cm)	Carga de Rotura (kN)	Carga de Rotura (Kg)	Esbeltez (h/d)	Factor de corrección por esbeltez	Resistencia corregida kg/cm2	% obtenido
1	09/07/22	11/07/22	M - 1	RESERVORIO	210	7.58	11.12	36.12	3683	1.467	0.956	78.0	37.14
2	09/07/22	11/07/22	M - 2	RESERVORIO	210	7.56	11.18	59.81	6099	1.479	0.957	130.1	61.95

OBSERVACIONES : -


 GUERSAN INGENIEROS S.R.L.
 Jhonny Trujillo Torres
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP N° 253748

ANEXO 02.

PANEL FOTOGRAFICO

GUERSAN INGENIEROS S.R.L.

.....
Jhoán Vásquez Torres
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 265746



Foto N° 01: Montaje del equipo de perforación para la extracción de núcleo de concreto endurecido del Reservorio, muestra M-1.

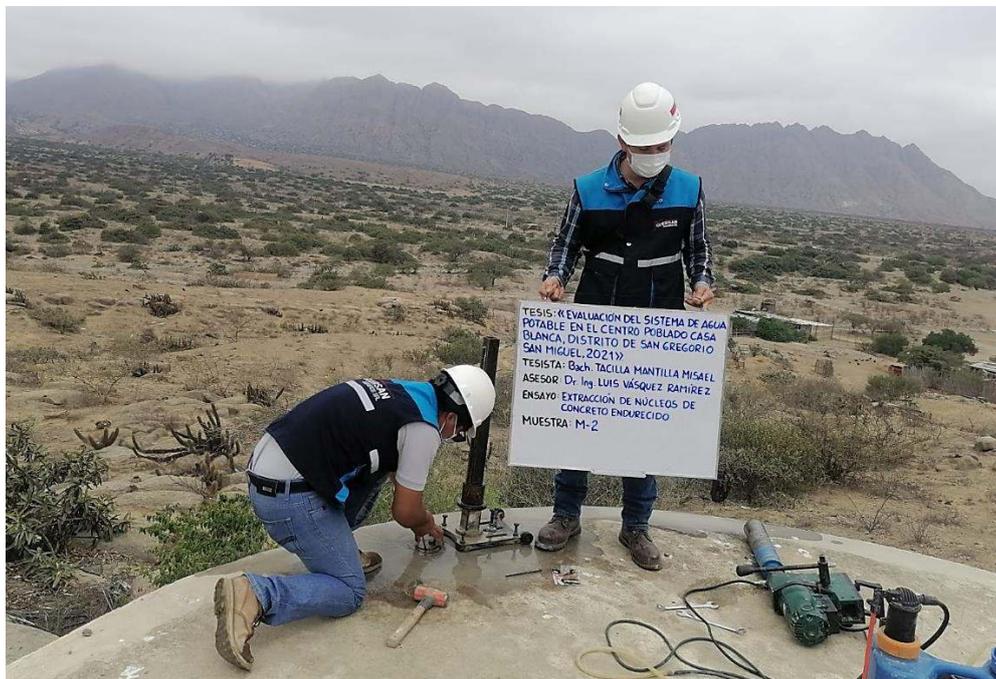


Foto N° 02: Montaje del equipo de perforación para la extracción de núcleo de concreto endurecido del Reservorio, muestra M-2.