



FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

PROVEIDO 000842-2026-UNH/FCI

EXPEDIENTE : **EPIAS020260000202**

ASUNTO: SE REMITE DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO, A FAVOR DE LOS BACHILLERES: DAVID CASO QUISPR y DIEGO ARMANDO JURADO CAPCHA

REFERENCIA : OFICIO Nº 000257-2026-EPIAS DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO

FECHA
13/05/2026

Atender en 0 días

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNIDAD FUNCIONAL DE SECRETARIA DOCENTE - FCI SÁEZ HUAMÁN WILFREDO	ATENDER	NORMAL	

SANCHEZ ARAUJO VICTOR GUILLERMO
DECANO(A)



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA



Firmado digitalmente por DUEÑAS
JURADO Carlos FAU 20168014962
soft
Cargo: Director(A) De Escuela
Profesional
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12.05.2026 09:16:21 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 12 de Mayo del 2026

OFICIO N° 000257-2026-UNH/EPIAS

Señor (a):

ALCIDADES MERINO CARHUAPOMA
DECANO(A)(e)

Presente. –

**Asunto: DESIGNACIÓN DE ASESOR, APROBACIÓN E INSCRIPCIÓN DE
PROYECTO DE TESIS, MEDIANTE ACTO RESOLUTIVO.**

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para hacerle llegar el saludo cordial a nombre de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria y el mío propio, en atención al documento de la referencia, solicito aprobación mediante acto resolutivo la designación de Asesor, Aprobación e Inscripción de Proyecto de Tesis, el cual adjunto al presente los documentos de la referencia:

ASESOR:

Dr. JORGE LUIS HUERE PEÑA

PROYECTO DE TESIS:

**“SISTEMA DE CLORACIÓN POR SUCCIÓN VENTURI Y PARÁMETROS OPERACIONALES DE
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA ZONA RURAL”**

PRESENTADO POR:

DAVID CASO QUISPE

DIEGO ARMANDO JURADO CAPCHA

Hago propicia la oportunidad para expresarle el testimonio de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

CARLOS DUEÑAS JURADO
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

CDJ/hcq
cc.:

N° Expediente: EPIAS020260000202



"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM".
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>
Código de Verificación: HME5UE0



	Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica	Código:	RE-VRAC-PO01-1-1
		Versión:	1
		Página:	Página 63 de 95

Anexo 02

Ficha de evaluación de proyecto de tesis/trabajo de investigación/trabajo académico



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIA DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA

FICHA DE EVALUACIÓN DE PROYECTO DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO

Título del proyecto	“Sistema de cloración por succión Venturi y parámetros operacionales de abastecimiento de agua potable en una zona rural”
Investigador	David Caso Quispe Diego Armando Jurado Capcha
Asesor	Dr. Huere Peña Jorge Luis

INCOMPLETO (1)	BUENO (2)	MUY BUENO (3)
----------------	-----------	---------------

TITULO		ESCALA		
		1	2	3
1	El título presenta: claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)			X
2	Delimitación adecuada			X
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		1	2	3
3	Delimita y contextualiza el problema.			X
4	La redacción del planteamiento del problema es coherente.		X	
5	Argumentación con referencias bibliográficas.			X
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		1	2	3
6	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.			X
7	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.			X
8	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.			X
OBJETIVOS		1	2	3
9	El objetivo general evidencia el propósito del estudio			X
10	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.			X
11	Los objetivos responden al problema de investigación.			X
JUSTIFICACIÓN		1	2	3
12	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.			X
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO				
ANTECEDENTES		1	2	3
13	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.			X

14	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.				X	
BASES TEÓRICAS			1	2	3	
15	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.				X	
16	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.				X	
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS			1	2	3	
17	Define los conceptos más relevantes del estudio.				X	
18	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				x	
HIPÓTESIS			1	2	3	
19	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente			x	
20	Si no plantea hipótesis las investigaciones tecnológicas obtienen la ponderación máxima				Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación	X
21	La hipótesis responde al problema de investigación.				x	
VARIABLES			1	2	3	
22	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio				X	
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			1	2	3	
23	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos.				X	
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA			1	2	3	
24	Identifica el ámbito de estudio.				X	
25	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.				X	
26	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.				X	
27	Señala la población y muestra de estudio.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente			X	
28	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.				Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación	X
29	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.				X	
30	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.				X	
31	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.			X		
CAPÍTULO IV: ASPECTO ADMINISTRATIVO			1	2	3	
32	Se señala el recurso humano y los recursos materiales y equipos				x	
33	El presupuesto, financiamiento y cronograma de actividades son coherentes.				X	
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS			1	2	3	
34	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.				X	
35	Todas las citas están referenciadas y validadas.				X	
ANEXOS			1	2	3	
36	La matriz de consistencia expresa la relación del problema, objetivos, hipótesis, variables y metodología de estudios.				X	



	Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica	Código:	RE-VRAC-PO01-1-1
		Versión:	1
		Página:	Página 63 de 95

CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)			
	A	B	C
		2	34

$$Puntaje Total = 1(A) + 2(B) + 3(C) = 1(1) + 2(2) + 3(34) = 106$$

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO	INTERVALO
Desaprobado <input type="text"/>	[1 – 36]
Replantear <input type="text"/>	(36 – 72]
Aprobado <input checked="" type="text" value="X"/>	(72 – 108]

Nombre del asesor: Dr. Huere Peña Jorge Luis

Huancavelica, 07 de mayo de 2026



Firmado digitalmente por HUERE
 PENA Jorge Luis FAU 20168014962
 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 07.05.2026 11:44:03 -05:00

Dr. Huere Peña Jorge Luis

Asesor

Nota:

* Con dos veces desaprobado se cambia automáticamente nuevo proyecto de investigación.

** El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA
(CREADA POR LEY Nº 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SANITARIA



REVISIÓN DE PROYECTO DE TESIS

ASESOR: Dr. Huere Peña Jorge Luis

ESTUDIANTES: David, CASO QUISPE

Diego Armando, JURADO CAPCHA

TÍTULO DE PROYECTO DE TESIS:

“Sistema de cloración por succión Venturi y parámetros operacionales de abastecimiento de agua potable en una zona rural”

OBSERVACIONES:

Ninguna

Ya levantó las observaciones, pase a ejecución

Huancavelica, 08 de mayo, del 2026



Firmado digitalmente por HUERE
PENA Jorge Luis FAU 20168014962
soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 08.05.2026 15:27:46 -05:00

Dr. Huere Peña Jorge Luis

ASESOR



UNH

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
HUANCVELICA

INVESTIGACIÓN - EPIAS

Firmado digitalmente por SAEZ
HUAMAN Wilfredo FAU 20168014962
soft
Cargo: Responsable De Investigacion
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.12.2025 15:17:04 -05:00"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

Huancavelica, 29 de Diciembre del 2025

INFORME N° 000105-2025-UNH/INV-EPIAS

A: **CARLOS DUEÑAS JURADO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

ASUNTO: **PROPUESTA DE DESIGNACIÓN DE ASESOR PARA PROYECTO DE TESIS.**

Referencia: PROVEIDO 000806-2025-UNH/EPIAS (29SEP2025)



Fecha elaboración: Huancavelica, 29 de Diciembre de 2025

Tengo el agrado de dirigirme a usted para expresarle mi fraternal saludo, así mismo en relación al documento en referencia propongo como asesor a los docentes Dr. Jorge Luis, HUERE PEÑA, Mg. Nilo Abelardo, ENRIQUEZ NATEROS del proyecto de tesis titulado: **“SISTEMA DE CLORACIÓN POR SUCCIÓN VENTURI Y PARÁMETROS OPERACIONALES DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN UNA ZONA RURAL”** de los estudiantes: David, CASI QUISPE y Diego Armando, JURADO CAPCHA de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Sanitaria, a fin de que su despacho remita a quien corresponda para su aprobación mediante acto resolutivo.

Es cuanto tengo que informar a Ud., para su conocimiento y fines que estime conveniente.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

WILFREDO SÁEZ HUAMÁN
RESPONSABLE DE INVESTIGACION
INVESTIGACION - EPI AMBIENTAL

WSH
cc.:

N° Expediente: 2025-0023904



“Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM”.
Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: <https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do>
Clave: TRDFAZR





ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA

PROVEIDO 000806-2025-UNH/EPIAS

EXPEDIENTE : **2025-0023904**

ASUNTO: DESIGNACIÓN DE ASESOR PARA PROYECTO DE TESIS

REFERENCIA : SOLICITUD Nº 2

SOLICITO DESIGNACIÓN DE ASESOR Y APROBACIÓN DE PROYECTO DE TESIS

FECHA

29/09/2025

Atender en 0 días

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
INVESTIGACIÓN - EPI AMBIENTAL SÁEZ HUAMÁN WILFREDO	ATENDER	NORMAL	

TITO CÓRDOVA LUIS ALBERTO
DIRECTOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA
(Creada por Ley 25265)
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA



PROYECTO

**“Sistema de cloración por succión Venturi y parámetros operacionales
de abastecimiento de agua potable en una zona rural”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Ciencias de la construcción, minería y medio ambiente

SUB LINEA:

Gestión de la calidad ambiental

PRESENTADOR POR:

David Caso Quispe

Diego Armando Jurado Capcha

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental y Sanitario

HUANCAVELICA, PERÚ

2026

Título

“Sistema de Cloración por Succión Venturi y Parámetros Operacionales de
Abastecimiento de Agua Potable en una Zona Rural”

Autores

David, CASO QUISPE

Diego Armando, JURADO CAPCHA

Asesor

Dr. Huere Peña Jorge Luis

<https://orcid.org/0000-0002-3114-8134>

DNI N° 04020326

Índice

Título.....	ii
Autores	iii
Asesor.....	iv
Índice	v
Índice de Tablas	ix
Índice de figuras.....	x
CAPÍTULO I EL PROBLEMA	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Formulación del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos	15
1.3. Objetivos	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos	15
1.4. Justificación	16
CAPITULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1 Antecedentes internacionales	18
2.1.2 Antecedentes nacionales	21
2.1.3 Antecedentes locales	25
2.2. Bases teóricas	29
2.2.1. Teoría de la desinfección del agua	29

2.2.2.	Teoría del Efecto Venturi	30
2.2.3.	Principio físico del efecto Venturi.....	31
2.2.3.1.	Aplicación en cloración por succión	32
2.2.3.2.	Ventajas del efecto Venturi en la cloración por succión..	34
2.2.4.	Sistema de abastecimiento de agua	35
2.2.4.1.	<i>Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural</i>	36
2.2.5.	Tecnologías de cloración	43
2.2.5.1.	<i>Sistema de cloración Venturi</i>	44
2.2.5.2.	<i>Sistema de cloración por goteo autocompensante</i>	46
2.2.6.	Generalidades del agua	47
2.2.6.1.	<i>El agua</i>	47
2.2.6.2.	<i>Calidad de agua potable</i>	47
2.2.6.3.	<i>Parámetros críticos de la calidad del agua</i>	47
2.2.6.4.	<i>El agua y saneamiento en zonas rurales</i>	48
2.2.7.	Desinfección del agua para consumo humano	49
2.2.7.1.	<i>Principio de desinfección</i>	49
2.2.7.2.	<i>Cloración como proceso de desinfección</i>	51
2.2.7.3.	<i>Control de desinfectante</i>	51
2.2.7.4.	<i>Desinfección mediante cloración</i>	52
2.2.7.5.	<i>Cloro (Cl)</i>	53

2.2.7.6. <i>Desinfección de los componentes de un sistema de agua potable</i>	56
2.2.8. Procedimiento para el cálculo de la dosificación de cloro	56
2.2.9. Procedimiento de solución madre al sistema de agua potable	58
2.3. Definición de términos	59
2.4. Hipótesis	61
2.4.1. Hipótesis específicas	61
2.5. Variables.....	61
2.6. Operacionalización de variables	62
CAPITULO III METODOLOGÍA	63
3.1. Ámbito temporal y espacial	63
3.1.1. Ámbito temporal.....	63
3.1.2. Ámbito espacial.....	64
3.1.2.1. Ubicación geográfica	64
3.2. Métodos de investigación	67
3.2.1. Tipo de investigación	67
3.2.2. Nivel de investigación	67
3.2.3. Diseño de investigación	67
3.3. Población, Muestra y Muestreo.....	68
3.3.1. Población	68
3.3.2. Muestra.....	68
3.3.3. Muestreo	69
3.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos	70
3.4.1. Técnicas	70

3.4.2. Instrumentos	70
3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos	71
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	72
3.5.1. Procesamiento de datos	72
3.5.2. Análisis de datos	73
3.5.3. Presentación de resultados.....	74
CAPITULO IV ASPECTO ADMINISTRATIVO	75
4.1. Recurso Humano	75
4.2. Materiales y equipos.....	77
4.2.1. Instrumentos de medición.....	78
4.2.2. Equipos y materiales de instalación	78
4.2.3. Software y herramientas informáticas	79
4.3. Cronograma de actividades	80
4.4. Presupuesto	81
4.5. Financiamiento	82
Referencias.....	83
Anexos	90
Anexo 1: Matriz de consistencia	90
Anexo 2: Propuesta de instrumento	91
Anexo 3: Formato de reporte de control de cloro residual	92

Índice de Tablas

Tabla 1	Concentraciones para la desinfección de sistemas de agua potable.	56
Tabla 2	Efectos tóxicos del cloro ¡Error! Marcador no definido.	
Tabla 3	Dosificación de hipoclorito de calcio para diferentes caudales	58
Tabla 4	Identificación de variable	62
Tabla 5	Muestras de método por succión Venturi.....	69
Tabla 6	Muestras de método de cloración por goteo autocompensante.....	69
Tabla 7	Integrantes y funciones del potencial humano	76
Tabla 8	Cronograma de duración del proyecto de tesis	80
Tabla 9	Presupuesto del proyecto	81

Índice de figuras

Figura 1 Principio del efecto Venturi.....	31
Figura 2 Hipoclorador por succión Venturi	33
Figura 4 Sistema de Agua Potable Convencional.....	37
Figura 5 Captación de agua subterránea.	38
Figura 6 Línea de conducción de agua.....	39
Figura 7 Reservorio.....	40
Figura 8 Línea de aducción.....	41
Figura 9 Red de distribución.....	42
Figura 10 Conexión domiciliaria	43
Figura 11 Principales componentes del Sistema de cloración Venturi.....	45
Figura 12 Componentes del sistema de cloración por goteo	46
Figura 13 Ubicación geográfica del SAP en la zona rural de Chuñuranra ...	65
Figura 14 Ubicación del SAP de estudio	66

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Nuestra variable dependiente del presente estudio son los parámetros operacionales del sistema de abastecimiento de agua potable en zonas rurales. Esto incluye atributos como el costo de operación, tiempo de cloración y, especialmente, la concentración de cloro residual libre en la red de distribución. Según el reglamento sanitario (D.S. N° 031-2010-SA), dicha concentración debe mantenerse entre 0,5 y 1,5 mg/L para garantizar la eliminación de patógenos. Este parámetro es crítico para la potabilidad: si está por debajo de 0,5 mg/L, el agua puede no eliminar microorganismos peligrosos; si es excesivo, puede generar sabores indeseables y riesgos a la salud. En la práctica, muchas zonas rurales no logran alcanzar el mínimo normativo de cloro residual (0,5 mg/L). Cuando este estándar no se cumple, los usuarios acceden a agua no apta para consumo (Defensoría del Pueblo, 2021), lo que implica una seria falla en los parámetros operacionales del sistema de agua.

Asimismo, nuestra variable independiente propuesta es el sistema de cloración por succión Venturi. Este dispositivo dosifica cloro mediante el efecto Venturi: al hacer pasar el agua a presión por un estrechamiento (la “garganta” del inyector), se genera un vacío que aspira la solución de hipoclorito desde un tanque. El sistema consta básicamente de un tanque de solución clorada, manómetro y un inyector

Venturi. Entre sus ventajas se encuentran la automatización de la dosificación y la alta eficiencia de mezcla del cloro en el flujo de agua, lo que podría evitar la variabilidad e imprecisión que aqueja a los sistemas manuales convencionales. Un inconveniente conocido es la necesidad de mantenimiento rutinario para evitar obstrucciones en el inyector Venturi por presencia de sólidos o cloro de calcio. Organismos internacionales como OPS & COSUDE (2007), han estudiado estas tecnologías de cloración como es el inyector Venturi, lo cual resalta su potencial tecnológico. Sin embargo, en la literatura técnica no se encuentran documentados casos reales de aplicación de esta tecnología en pequeñas comunidades rurales de Huancavelica. Por ello, este estudio propone implementar y evaluar un clorador Venturi en un caso rural concreto.

A nivel internacional se reconoce que la desinfección del agua potable es esencial para la salud pública. La OMS (2023) advierte que el agua contaminada por microorganismos transmite enfermedades diarreicas, cólera, fiebre tifoidea, disentería, poliomielitis, etc., causando cientos de miles de muertes al año. El cloro ha sido promovido globalmente como desinfectante de amplio espectro y costo accesible. En guías de la OPS & COSUDE se describen diversos métodos de cloración (dosificadores por goteo, tabletas, hipocloradores), pero se destaca que el inyector Venturi permite una cloración más automática y eficiente, al aprovechar la presión del agua sin consumir energía eléctrica. Por ejemplo, la guía propone el uso de Venturi para sistemas comunitarios medianos. Sin embargo, un análisis internacional señala que no existen estudios publicados sobre la aplicación de inyección Venturi en el medio rural real. Esto indica una brecha de conocimiento global: a pesar de su potencial, la tecnología Venturi sigue poco explorada en la práctica comunal de países en desarrollo (OMS, 2023; OPS & COSUDE, 2007).

Y en nuestro país, persisten graves deficiencias en la cloración del agua potable en zonas rurales, lo que compromete directamente la salud pública y el derecho al acceso a agua segura. Añadiendo que, de acuerdo con la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS, 2024) más de 4,6 millones de habitantes rurales (75,2 % de la población en dicho ámbito) consumen agua con niveles

inadecuados de cloro, lo que los expone a enfermedades infecciosas, anemia y desnutrición infantil. Por ello, el impacto en la salud es crítico: la anemia afecta a 5 de cada 10 niños en el área rural, siendo la falta de acceso a agua clorada una de sus principales causas. Según el libro *El Buen Dato Sunass*, el acceso a agua segura reduce en 22 % la probabilidad de anemia infantil y disminuye en 24 % la incidencia de diarreas en los hogares rurales (SUNASS, 2022). La evidencia científica confirma que el agua clorada previene enfermedades gastrointestinales como cólera, disentería y parasitosis, las cuales limitan la absorción de nutrientes y agravan la desnutrición crónica infantil. Asimismo, a nivel operativo, la mayoría de los sistemas rurales son administrados por Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento (JASS), que suelen utilizar dosificadores por goteo manual. Estos equipos no garantizan concentraciones constantes de cloro, lo que genera un monitoreo deficiente y una prestación ineficaz del servicio. Asimismo, investigaciones académicas han demostrado que, aunque el sistema de goteo es de bajo costo, su eficiencia depende de la capacitación técnica y del mantenimiento constante, aspectos que suelen ser limitados en comunidades rurales (Lucich & Málaga, 2021).

Por consiguiente, los problemas locales son aún más severos, de los 1770 sistemas de agua rural de la región, solo 205 ($\approx 11,6\%$) cumplen con los 0,5 mg/L de cloro residual (Defensoría del Pueblo, 2021). Añadiendo que, en distritos como Angaraes, apenas el 3.5% de sistemas clora adecuadamente, mientras la mayoría suministra agua no apta para consumo. Asimismo, en la zona rural huancavelicana se estima que solo el 4% de los hogares accede a agua adecuadamente clorada. Y como un caso representativo es el Sector Centro Poblado Rural de Chuñuranra, allí el sistema de cloración es por goteo de flujo constante. Donde el presidente de la JASS, sin remuneración ni especialización técnica, realizan la dosificación de cloro cuando pueden, por lo que a menudo no se alcanza el residual normado. Debido a ello, esta situación local de insuficiente cloración expone a la población rural a brotes de enfermedades y refleja la carencia de tecnologías autónomas: los sistemas actuales no automatizan la cloración ni aseguran una mezcla homogénea del desinfectante (Defensoría del Pueblo, 2021).

Es por ello por lo que, el estudio se focaliza en el Sector Centro Poblado Rural de Chuñuranra del distrito, provincia y región de Huancavelica. Donde allí la operación del servicio de agua potable recae en la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) local, presidida por líderes comunales sin formación técnica específica, quienes dedican tiempo limitado a la gestión del sistema. Debido a ello, lo que se propone implementar es un sistema de cloración por succión Venturi en la red de agua local, comparándolo con el método empírico vigente. El objetivo es observar cómo esta tecnología (variable independiente) afecta los parámetros operacionales del servicio (variable dependiente), en particular el cloro residual distribuido, bajo las condiciones rurales de Huancavelica.

Aunque, las causas del problema se encuentran en la falta de medios y capacitación: muchas JASS rurales operan sin supervisión técnica o presupuestaria, como advirtió la Defensoría del Pueblo (2021) al constatar que las autoridades locales no monitorean ni asisten a los operadores. El uso de equipos manuales e imprecisos conduce a dosificaciones deficientes. Como efecto, el agua con bajo cloro residual permite la proliferación de patógenos; la OMS (2023) indica que esto causa enfermedades diarreicas, cólera y otras epidemias gastrointestinales. Además, un contenido de cloro excesivo en reservas puede generar rechazo del agua por sabor, reduciendo la demanda de tratamiento. En suma, la falla en cloración acarrea serios impactos sanitarios y sociales en la población rural. El aporte de esta investigación será demostrar que un clorador Venturi puede automatizar la inyección de cloro, garantizando dosificación constante con mínima intervención humana. Se espera que esta tecnología contribuya a solucionar los problemas señalados: mejorará la homogeneidad de la mezcla clorada y la conformidad con la norma (≥ 0.5 mg/L), reduciendo al mismo tiempo el tiempo y esfuerzo que dedican los operadores comunales. En conjunto, esto apuntaría a un abastecimiento de agua más seguro y sostenible en áreas rurales.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en los parámetros operaciones del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026?
- ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026?
- ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026

- Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026
- Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026

1.4. Justificación

El presente estudio amplía el conocimiento sobre tecnologías de cloración al centrar su análisis en el sistema de cloración por succión Venturi aplicado a contextos rurales. Si bien existen investigaciones sobre inyectores Venturi en sistemas de cloración, existe escasa evidencia científica sobre su desempeño operativo bajo las condiciones técnicas, hidráulicas y sociales propias de las zonas rurales de Huancavelica. En particular, su aplicación en la localidad de Chuñuranra no ha sido documentada.

La evaluación en campo de indicadores como el cloro residual, el tiempo efectivo de contacto y los costos operativos permitirá contrastar la teoría sobre la capacidad del sistema Venturi para dosificar y homogeneizar el cloro frente a prácticas convencionales. De este modo, se generarán datos empíricos replicables que contribuirán a fortalecer la base teórica existente y servirán como referencia para futuras investigaciones en cloración rural.

Asimismo, el estudio aportará beneficios prácticos y aplicables. Proporcionará a la JASS de Chuñuranra y a las autoridades locales una evaluación técnica y económica sobre la viabilidad del sistema Venturi, facilitando la toma de decisiones en inversión y operación. La documentación de niveles de cloro residual, tiempos de cloración y costos permitirá establecer protocolos de operación, registros de control (como el libro de control de cloro) y recomendaciones de mantenimiento, contribuyendo a mejorar la continuidad del servicio y la sostenibilidad administrativa.

Desde el enfoque de salud pública, la identificación de un método que garantice niveles adecuados de cloro con menor esfuerzo operativo puede reducir la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua y optimizar el uso de recursos en comunidades rurales con características similares. En ese sentido, la presente investigación contribuye a cerrar una brecha de conocimiento en la aplicación de tecnologías de cloración en contextos rurales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1 Antecedentes internacionales

Powers et al. (2021) realizaron la investigación *Diseño, rendimiento y demanda de un novedoso dosificador de cloro en línea para aumentar el acceso al agua segura*, cuyo objetivo fue evaluar el rendimiento técnico de un dosificador automático de cloro tipo Venturi, así como la demanda y disposición de pago por parte de los usuarios en quioscos de agua en Kisumu, Kenia. La metodología fue de enfoque cuantitativo con diseño experimental de campo, en el que se implementó el dispositivo y se evaluó su funcionamiento mediante mediciones de cloro residual y encuestas a los usuarios. La población estuvo conformada por operadores de quioscos de agua y clientes que adquirirían agua en dichos establecimientos. Los resultados evidenciaron que el sistema logró una alta eficacia en la dosificación de cloro, alcanzando un 97,6 % de muestras con cloro residual detectable y un 86,2 % dentro del rango recomendado, lo que demuestra su capacidad para mantener

niveles adecuados de desinfección. Asimismo, se observó una adopción progresiva del sistema, lo que sugiere su viabilidad operativa, aunque se identificaron limitaciones asociadas a la calidad del agua. En conclusión, el dosificador tipo Venturi demostró ser una alternativa eficiente y de bajo mantenimiento para la cloración en sistemas de abastecimiento, con potencial para mejorar el acceso a agua segura, recomendándose la evaluación previa de la calidad del agua y la implementación de estrategias que faciliten su adopción.

Benítez, D. (2021) en su tesis *Sistema de cloración automático para la junta administradora de agua potable regional oriental Mulaló-Joseguango Bajo-Aláquez*, tuvo como objetivo implementar un sistema de cloración automático y modelar el proceso de control para optimizar la dosificación de cloro en la Comuna San Ramón de la Chilintosa. La metodología fue de enfoque aplicado con diseño experimental y de campo, complementado con revisión bibliográfica, en la que se realizaron observaciones, visitas técnicas y pruebas de funcionamiento del sistema automatizado de dosificación de hipoclorito de calcio. La población estuvo conformada por los usuarios del sistema de agua potable y los responsables de su operación y monitoreo. Los resultados evidenciaron que el sistema alcanzó un cloro residual promedio de 0,9 mg/L, valor superior al recomendado, lo que llevó a ajustar la dosificación para aproximarse a 0,5 mg/L, logrando un mejor control del proceso de desinfección. En conclusión, el sistema automatizado permitió regular de manera efectiva la dosificación de cloro, manteniendo parámetros como el pH y el cloro residual dentro de los límites normativos, demostrando su utilidad para mejorar la calidad del agua mediante un control más preciso del proceso.

Santana, G. & Fonseca, A. (2022) en el artículo *Estudio de caso de la instalación de cloradores de tabletas modelo EMATER, en el barrio rural de Pessegueiro, Itajubá-MG*, tuvieron como objetivo demostrar la eficacia de cloradores de pastilla en la mejora de la calidad del agua de consumo,

evaluando la dosificación de cloro libre y la eliminación de bacterias coliformes. La metodología fue de tipo aplicada con diseño experimental de campo, en la que se instalaron cloradores en una comunidad rural y se realizaron mediciones de cloro residual y análisis bacteriológicos antes y después del tratamiento. La población estuvo conformada por aproximadamente 300 familias del barrio rural Pessegueiro. Los resultados evidenciaron que el sistema mantuvo concentraciones de cloro residual dentro del rango recomendado (0,2–0,5 mg/L) y logró la eliminación de *E. coli* y una reducción significativa de coliformes totales, mejorando la calidad del agua en la mayoría de las viviendas. En conclusión, los cloradores de pastilla modelo EMATER constituyen una alternativa eficiente, de fácil implementación y adecuada para comunidades rurales, al garantizar niveles óptimos de desinfección y cumplir con los estándares sanitarios.

Priori, J. (2021) en su investigación *Modelamiento Hidráulico y de la Calidad del Agua en un Sistema de Suministro de Agua Potable en una Zona Rural del Cantón Azogues*, tuvo como objetivo desarrollar un modelo hidráulico y de calidad del agua para evaluar el comportamiento del cloro libre en la red de distribución, utilizando el software EPANET. La metodología fue de tipo aplicada, basada en modelamiento hidráulico y simulación de la calidad del agua, en la que se calibró y validó el modelo con datos reales del sistema de abastecimiento. La población estuvo conformada por aproximadamente 6000 usuarios abastecidos por la Junta de Agua Potable de Bayas. Los resultados evidenciaron variaciones en la concentración de cloro residual a lo largo de la red, lo que puso en evidencia deficiencias en el sistema de dosificación y la necesidad de optimizar su control; asimismo, el modelo permitió simular escenarios de mejora para estabilizar los niveles de cloro en el sistema. En conclusión, el modelamiento hidráulico y de calidad del agua constituye una herramienta eficaz para predecir el comportamiento del cloro residual y optimizar los procesos de desinfección, contribuyendo a mejorar la eficiencia y gestión de los sistemas de agua potable en zonas rurales.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Paredes, B. (2022) realizó la investigación *Efectos de los Sistemas de Cloración por Goteo en la Concentración de Cloro Residual del Agua Potable en Zonas Rurales*, cuyo objetivo fue evaluar el efecto de diferentes sistemas de cloración por goteo en la concentración de cloro residual en agua para consumo humano en zonas rurales. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño cuasi experimental, en la que se realizaron mediciones de cloro residual mediante pruebas estandarizadas con comparador tipo disco y análisis estadístico de los datos. La población estuvo conformada por sistemas de abastecimiento de agua en caseríos rurales del distrito de Huarmaca. Los resultados evidenciaron variaciones en la concentración de cloro residual a lo largo del sistema, con valores promedio de 1.031 mg/L en el reservorio y 0.492 mg/L en el punto más alejado, determinándose que el sistema de cloración por goteo controlado con filtros presentó el mejor desempeño en términos de eficiencia de cloración. En conclusión, este sistema resultó más eficiente en comparación con otras alternativas evaluadas, al mantener niveles más estables de cloro residual en el sistema de distribución.

Chuquitucto, J. (2022) en su investigación *Eficiencia de la Cloración del Agua Potable, Usando Hipoclorador Flujo Difusión y Cloración por Goteo en el Sistema de Agua Potable de Sapúc-Zarza, Distrito de Asunción – Cajamarca 2022*, tuvo como objetivo determinar la eficiencia de dos sistemas de cloración en el tratamiento de agua potable. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, orientada a la evaluación comparativa de ambos sistemas mediante mediciones con clorímetro digital y análisis de datos mediante registros técnicos y representaciones gráficas. La población estuvo conformada por el sistema de agua potable del distrito de La Asunción. Los resultados evidenciaron que el sistema de cloración por goteo alcanzó una eficiencia del 100 %, mientras que el sistema de hipoclorador por flujo

difusión presentó un 26,67 % de sobrecloración, un 53,33 % de incumplimiento de los límites permisibles y solo un 20 % de cumplimiento normativo. En conclusión, el sistema de cloración por goteo demostró ser más eficiente y estable en comparación con el sistema de flujo difusión, al mantener niveles adecuados de cloro residual en el agua.

Jesús, R. (2021) en su trabajo de investigación *Eficiencia del Sistema de Cloración por Goteo para el Mejoramiento de la Calidad del Agua de Consumo Humano en el Distrito de Colcabamba*, tuvo como objetivo determinar la eficacia del sistema de cloración por goteo para mejorar la calidad del agua potable destinada al consumo humano. La metodología fue de tipo aplicada, con nivel descriptivo–explicativo y diseño experimental, orientada a evaluar la eficacia del sistema de cloración por goteo en la mejora de la calidad del agua en zonas rurales. Se utilizó la observación directa y fichas técnicas como instrumentos de recolección de datos, realizando análisis descriptivo de la información obtenida. La población estuvo conformada por los pobladores del distrito de Colcabamba, provincia de Tayacaja. Los resultados evidenciaron la presencia de niveles de coliformes totales por encima de los límites establecidos, lo que justificó la implementación del sistema de cloración por goteo, el cual permitió reducir la carga microbiológica del agua, garantizando su adecuación para el consumo humano. En conclusión, el sistema de cloración por goteo contribuyó significativamente a mejorar la calidad del agua al asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos.

Dueñas, R. (2024) realizó la investigación *Evaluación Técnica y Económica de un Sistema de Cloración Utilizando un Inyector Venturi Respecto a Otros Sistemas Convencionales*, cuyo objetivo fue evaluar las características técnicas y económicas del sistema de cloración mediante inyector Venturi en comparación con sistemas de cloración convencionales en la región Cusco. La metodología fue de tipo cuantitativa, con alcance descriptivo y diseño no experimental, orientada a la evaluación técnica y

económica de ambos sistemas de cloración. Se utilizaron mediciones experimentales, fichas de monitoreo y análisis de indicadores técnicos y económicos, además de la implementación de un prototipo funcional para su evaluación. La población estuvo conformada por sistemas de abastecimiento de agua en el ámbito rural de la región Cusco con sistemas de cloración convencional, así como por un prototipo de sistema Venturi implementado en una institución educativa. Los resultados evidenciaron que el sistema Venturi alcanzó una eficiencia de homogeneidad de mezcla del 91,5 %, superando el 50,7 % obtenido por los sistemas convencionales. Asimismo, presentó un costo de inversión menor en 8,5 % en comparación con los sistemas tradicionales, además de una adecuada dosificación de cloro en el reservorio. En conclusión, el sistema de inyector Venturi demostró ser más eficiente y económicamente viable que los sistemas convencionales, contribuyendo a mejorar la calidad del agua en zonas rurales.

Cardenas, O. (2024) realizó la investigación *Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho*, la investigación tuvo como objetivo diseñar e instalar un sistema de cloración autocompensante para la desinfección del agua de consumo humano. La metodología fue de tipo tecnológica, con nivel explicativo, diseño experimental y enfoque cuantitativo, orientada al diseño e implementación del sistema para evaluar su eficiencia en la desinfección del agua. Se utilizaron técnicas de observación, ensayos de campo y laboratorio, con apoyo de instrumentos como colorímetro digital, multiparámetro, GPS y fichas de recolección de datos para la medición de parámetros como cloro residual, pH, temperatura y coliformes. La población estuvo conformada por el agua captada no tratada para consumo humano en el centro poblado de Arizona, Vinchos (Ayacucho). Los resultados evidenciaron la presencia de cloro residual en todo el sistema de distribución, con valores promedio de 1,8 mg/L en el reservorio, 1,3 mg/L en la vivienda cercana, 0,9 mg/L en la vivienda intermedia y 0,6 mg/L en la vivienda lejana, mostrando una

adecuada persistencia del desinfectante a lo largo de la red. En conclusión, el sistema de cloración autocompensante demostró ser eficiente para la desinfección del agua de consumo humano, al mantener niveles adecuados de cloro residual en los distintos puntos del sistema.

Jara, L. (2023) en su investigación *Evaluación de eficiencias de los métodos de desinfección de agua potable doble tanque y Venturi mediante modelado y simulación de cloro residual en la red de distribución de jass tankarpata – 2022*, tuvo como objetivo evaluar la eficiencia de los sistemas de dosificación de cloro tipo doble tanque y Venturi en el tratamiento de agua para consumo humano. La metodología fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, con nivel descriptivo–explicativo y diseño experimental, orientada a comparar la eficiencia de ambos sistemas mediante mediciones de cloro residual y modelación hidráulica en la red de distribución. Se realizaron mediciones de cloro residual en puntos estratégicos de la red, cuyos datos fueron analizados mediante simulación en el software WaterCAD para evaluar el comportamiento de ambos sistemas bajo condiciones de operación. La población estuvo conformada por el agua de consumo humano de la red de distribución de la JASS Tankarpata. Los resultados evidenciaron que el sistema Venturi presentó mayor eficiencia y estabilidad en las concentraciones de cloro residual en comparación con el sistema de doble tanque. En conclusión, el sistema Venturi resultó más eficiente y confiable para la dosificación de cloro en la red de distribución evaluada.

Velit, R. (2022) realizó la investigación *Implementación de un sistema de cloración por goteo optimizado para sistemas de agua potable de poblaciones rurales*, cuyo objetivo fue determinar la incidencia de un sistema de cloración por goteo optimizado en la dosificación de cloro en sistemas de agua potable en poblaciones rurales. La metodología fue de tipo aplicada, con nivel descriptivo y diseño transeccional descriptivo comparativo, orientada a evaluar la implementación de un sistema de cloración por goteo optimizado frente a sistemas tradicionales en poblaciones rurales. Se utilizó el método

científico como método general y el método comparativo como específico, realizando observaciones y mediciones del comportamiento del cloro residual en los sistemas de agua potable para su análisis comparativo. La población estuvo conformada por los sistemas de agua potable del centro poblado de La Colpa, distrito de Daniel Hernández, provincia de Tayacaja, región Huancavelica. Los resultados evidenciaron que la implementación del sistema de cloración por goteo optimizado permitió mantener niveles de cloro residual constantes dentro del rango adecuado (1,5 a 0,5 mg/L), mejorando la estabilidad de la dosificación y la calidad del agua. En conclusión, el sistema de cloración por goteo optimizado resultó eficaz para mejorar la dosificación de cloro y garantizar la potabilización del agua en sistemas rurales.

2.1.3 Antecedentes locales

Fernandez, J. & Huallany, D. (2022) en su investigación *Cloro Residual por el Método Colorimétrico en el Centro Poblado de Antacocha – Huancavelica 2022*, tuvo como objetivo determinar el cloro residual libre mediante el método colorimétrico en el centro poblado de Antacocha – Huancavelica. La metodología fue de tipo aplicada, con nivel descriptivo y diseño no experimental–transversal, orientada a evaluar la concentración de cloro residual libre en sistemas de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Antacocha. Se utilizó el método científico, inferencial y estadístico para el análisis de datos, realizando monitoreos en tres sectores mediante mediciones de cloro residual en reservorios durante los meses de junio, julio y agosto, con apoyo del método colorimétrico y análisis de laboratorio. La población estuvo conformada por el sistema de agua potable del centro poblado de Antacocha, distrito y provincia de Huancavelica, el cual abastece a los sectores I, II y III mediante reservorios de distribución de agua tratada. Los resultados evidenciaron concentraciones promedio de cloro residual de 0,14 mg/L en el sector I, 0,16 mg/L en el sector II y 0,17 mg/L en el sector III, valores que no cumplen con lo establecido en el Decreto Supremo N.º 031-2010, evidenciando una cloración inadecuada en el sistema

de abastecimiento. En conclusión, se determinó que los niveles de cloro residual en el centro poblado de Antacocha son insuficientes para garantizar la calidad del agua de consumo humano.

Boza, D. & Espinoza, A. (2024) en su investigación *Eficiencia del sistema de cloración autocompensado en el sistema de abastecimiento de agua del distrito de Mollepampa, provincia de Castrovirreyna-Huancavelica*, tuvo como objetivo determinar la eficiencia del sistema de cloración autocompensante en el sistema de abastecimiento de agua del distrito de Mollepampa. La metodología fue de tipo básica, con nivel descriptivo y diseño no experimental–transversal, orientada a evaluar la eficiencia del sistema de cloración autocompensante en el sistema de abastecimiento de agua del centro poblado de Mollepampa. Se utilizó el método científico con enfoque cuantitativo, realizando la recolección y análisis de datos del cloro residual en el reservorio y la red de distribución, en función de los parámetros establecidos por la normativa vigente. La población estuvo conformada por el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del centro poblado de Mollepampa, distrito de Mollepampa, provincia de Castrovirreyna, región Huancavelica. Los resultados evidenciaron concentraciones de cloro residual dentro del rango establecido por la normativa (0,5 a 1,5 mg/L), demostrando que el sistema de cloración autocompensante mantiene niveles adecuados de desinfección en el agua. En conclusión, el sistema de cloración autocompensante es eficiente para garantizar la calidad del agua destinada al consumo humano en el sistema evaluado.

Helen, J. & Angly, M. (2025) realizaron la investigación *Influencia de un Sistema de Cloración por Goteo Autocompensante en los Parámetros Físicoquímicos y Microbiológicos del Agua para Consumo Humano en el Centro Poblado de Nogales, Distrito de Colcabamba, Provincia Tayacaja, Huancavelica*, cuyo objetivo fue determinar la influencia de un sistema de cloración por goteo autocompensante en los parámetros físicoquímicos y

microbiológicos del agua para consumo humano. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, nivel correlacional y diseño no experimental, orientada al análisis de la calidad del agua mediante el monitoreo de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, así como la evaluación del sistema de cloración por goteo autocompensante en la red de distribución. Se utilizó el método científico para el análisis de la calidad del agua mediante el monitoreo de parámetros en el sistema de abastecimiento. La población estuvo conformada por el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del centro poblado de Nogales. Los resultados evidenciaron concentraciones de cloro residual de 1,28 mg/L en el reservorio, 1,0 mg/L en la primera vivienda, 0,83 mg/L en la vivienda intermedia y 0,53 mg/L en la última vivienda, mostrando una adecuada dosificación y reducción de microorganismos en el sistema de distribución. En conclusión, el sistema de cloración por goteo autocompensante es eficaz para mejorar la calidad del agua de consumo humano, garantizando niveles adecuados de cloro residual a lo largo de la red.

Huamantupa, S. (2024) en su investigación *Evaluación de la Sostenibilidad del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable en el Centro Poblado Chuquimaran, Departamento de Huancavelica*, tuvo como objetivo evaluar la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en dicho centro poblado. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque mixto, nivel descriptivo y diseño no experimental de tipo transversal, orientada a evaluar la sostenibilidad del sistema mediante el análisis de su estado, gestión, operación y mantenimiento, así como la calidad del agua. Se aplicó la metodología SIRAS 2010 para la evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable. La población estuvo conformada por el sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Chuquimarán. Los resultados evidenciaron un índice de sostenibilidad medio del sistema (3,16 puntos), además de variaciones en la calidad del agua, donde algunos puntos superaron los valores máximos permisibles, mientras que otros se mantuvieron dentro de los límites establecidos. Asimismo, las

concentraciones de cloro residual en las zonas evaluadas fueron adecuadas. En conclusión, el sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado de Chuquimarán presenta un nivel de sostenibilidad medio, con condiciones aceptables de cloración en la red.

Alaya, Z. & Sáez, A. (2023) en su investigación *Sistema Autónomo Remoto de Cloración para Mejorar la Calidad del Agua en Redes de Distribución de Zonas Rurales del Distrito de Daniel Hernández*, tuvo como objetivo implementar un sistema autónomo remoto de cloración por goteo que mantenga niveles adecuados de cloro residual libre en reservorios para mejorar la calidad del agua de consumo humano en redes de distribución rurales. La metodología fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y diseño experimental, orientada a la implementación de un sistema autónomo remoto de cloración por goteo para el control de la concentración de cloro residual y la mejora de la calidad del agua en redes de distribución. Se utilizó el método científico para la evaluación del sistema implementado en redes de distribución de los anexos de Chilcas y Atocc. La población estuvo conformada por las conexiones a las redes de distribución de agua potable de los anexos de Chilcas (60 viviendas) y Atocc (105 viviendas), correspondientes a usuarios del sistema de agua para consumo humano. Los resultados evidenciaron concentraciones de cloro residual de 1,14 mg/L en el reservorio del anexo Chilcas y 1,18 mg/L en el anexo Atocc, con valores promedio en red de 0,69 mg/L y 0,77 mg/L respectivamente, observándose además una mejora en la calidad del agua reflejada en el incremento del índice de calidad del agua Dinius-WQI. En conclusión, el sistema autónomo remoto de cloración por goteo permitió mejorar significativamente la calidad del agua y mantener niveles adecuados de cloro residual en las redes de distribución evaluadas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Teoría de la desinfección del agua

La desinfección es un proceso crucial en el tratamiento del agua para eliminar o inactivar microorganismos patógenos, garantizando que el agua sea segura para el consumo humano.

Este proceso se basa en principios químicos de cómo los desinfectantes, como el cloro, interactúan con los microorganismos. En ese sentido, se analizan los mecanismos de acción, la cinética de inactivación microbiana y los factores que influyen en la eficacia de la desinfección, tales como el tiempo de contacto, la dosis del desinfectante, el pH, la temperatura y la presencia de materia orgánica (Landeo, 2018).

Dentro de estos procesos, la cloración constituye el método de desinfección más utilizado. La teoría de la cloración describe la formación de ácido hipocloroso (HClO) e ion hipoclorito (ClO^-) en el agua, los cuales actúan como principales agentes desinfectantes. Estos compuestos poseen capacidad oxidante, permitiendo la penetración de las membranas celulares de los microorganismos e inactivando enzimas esenciales y material genético (Rodríguez, 2024).

Asimismo, un concepto fundamental es el de cloro residual, que corresponde a la cantidad de cloro que permanece en el agua después de un tiempo de contacto y tras haber reaccionado con las sustancias presentes. Este parámetro es esencial para garantizar una desinfección continua en la red de distribución y funciona como indicador de la calidad del agua (Cruz et al., 2005).

2.2.2. Teoría del Efecto Venturi

El efecto Venturi es un fenómeno de la dinámica de fluidos que es central en tu sistema de cloración por succión. Para ello, hablaremos de los siguientes principios:

Principio de Bernoulli

La base del efecto Venturi es el principio de Bernoulli, que establece que, en un flujo de fluido ideal, un aumento en la velocidad del fluido se acompaña de una disminución simultánea en la presión. En un Venturi, la sección transversal del conducto se estrecha, lo que provoca un aumento en la velocidad del flujo y, consecuentemente, una caída de presión. Esta caída de presión es la que permite la succión del desinfectante (Calle & Palacios, 2018).

Continuidad de la masa

Complementario al principio de Bernoulli, la ecuación de continuidad de la masa establece que, para un flujo incompresible en un conducto, el caudal volumétrico es constante. Esto significa que cuando el área de la sección transversal disminuye, la velocidad del fluido debe aumentar.

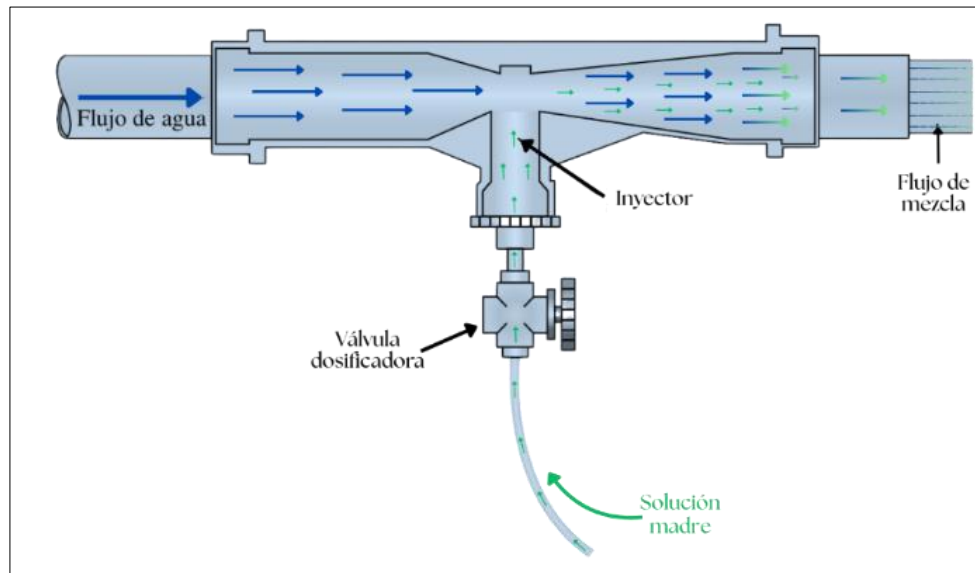
Aplicaciones en dosificación

La teoría del efecto Venturi en dosificación se refiere a cómo esta caída de presión se utiliza para arrastrar un segundo fluido (en este caso, la solución clorada) hacia la corriente principal de agua, permitiendo una mezcla homogénea controlada.

2.2.3. Principio físico del efecto Venturi

Figura 1

Principio del efecto Venturi



Nota: La figura muestra el comportamiento de un fluido, esta al pasar por una sección de menor área, su velocidad aumenta ($v_2 > v_1$) y la presión disminuye ($p_2 < p_1$), generando un vacío parcial en la garganta del Venturi. Fuente: Mecánica de fluidos de Adaptado de Mott & Untener (2015).

La base teórica del efecto Venturi se fundamenta en la ecuación de Bernoulli para flujo incompresible. Según este principio, la energía mecánica total de un fluido en movimiento permanece constante a lo largo de la corriente, de modo que una reducción del área transversal obliga a que la velocidad aumente y la presión baje (R. Hernández, 2024; Lennetech, 2017). En otras palabras, el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) define el efecto Venturi como el fenómeno por el cual un flujo en un conducto cerrado disminuye su presión al aumentar su velocidad en una sección de menor diámetro (2011). Entonces, bajo esta lógica, la mayor energía cinética en la sección estrecha implica menor energía de presión estática, generando un vacío relativo en el cuello del Venturi (Lennetech, 2017; Mazzei, 2024). En el libro “*Mecánica de fluidos*” escrita

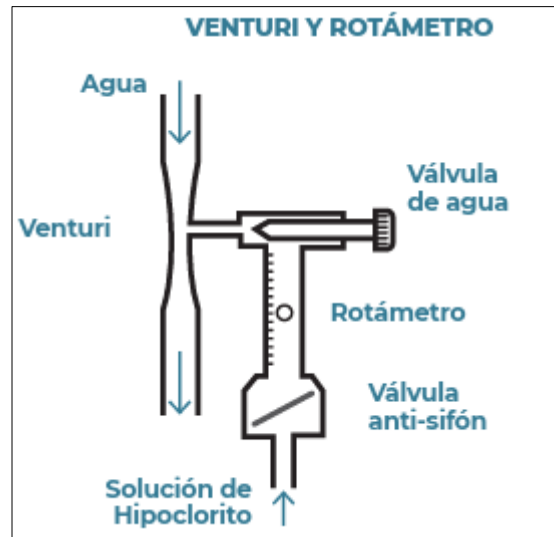
por Mott & Untener destacan que esta caída de presión es suficiente para aspirar un fluido de otro conducto hacia el flujo principal (2015). En la Figura 1 se observa que, al pasar de la sección inicial (área A_1 , presión p_1) a la garganta contraída (área A_2 menor, velocidad v_2), el nivel de presión en manómetros estáticos cae ($h+\Delta h$ vs h), ilustrando cómo el Venturi acelera el líquido y genera succión. En conjunto, nuestro análisis confirma que el efecto Venturi se explica por Bernoulli: la contracción en el conducto crea la diferencia de presión necesaria para aspirar un segundo fluido al sistema principal.

2.2.3.1. Aplicación en cloración por succión

En los sistemas de cloración por succión (o hipocloración) aprovechamos precisamente este vacío inducido para dosificar cloro al flujo de agua potable. Nuestra investigación indica que en un hipoclorador hidráulico Venturi se instala un inyector Venturi en la tubería principal de agua a presión; al fluir el agua, el Venturi genera succión que extrae solución clorada desde un tanque auxiliar. La guía técnica de desinfección lo describe así: “se utiliza un dispositivo denominado Venturi, que dosifica soluciones presurizadas” (SWISSAIS & PROTOS, 2024). Es decir, la cloración ocurre de forma automática y continua según la demanda de agua.

Figura 2

Hipoclorador por succión Venturi



Nota: La figura muestra una instalación típica: una fuente presurizada, el inyector Venturi con rotámetro, y una válvula antisucción para evitar contraflujo. Fuente: Desinfección del agua mediante la aplicación del cloro en los sistemas de agua potable rurales obtenido de SWISSAIS & PROTOS, (2024, p. 23).

Desde el punto de vista práctico, el funcionamiento del inyector Venturi lo resume la empresa Mazzei: al entrar agua presurizada en la boquilla del Venturi, ésta se acelera y provoca una disminución de la presión absoluta, creando un vacío que “extrae un aditivo líquido o gas a través del puerto de aspiración y lo mezcla a fondo en la corriente de agua” (2024). En nuestro caso, el aditivo es la *solución de cloro* (por ejemplo, hipoclorito de sodio o calcio). Coincidimos con Netafim (2018) en que este sistema elimina la necesidad de bombas adicionales: “un inyector Venturi usa presión excedente del sistema para crear una zona de baja presión (vacío), [...] elimina la necesidad de una bomba de inyección química separada”. De hecho, al usar sólo la presión hidráulica del agua, los inyectores Venturi operan sin requerir electricidad (R. Hernández, 2024). Esta característica es

especialmente valiosa en zonas rurales o comunidades aisladas, donde se prefiere un método pasivo y de bajo mantenimiento.

Nosotros resaltamos que, además, el Venturi logra una mezcla muy eficaz del químico con el agua. La amplia turbulencia y el chorro de alta velocidad generan microburbujas que promueven la homogeneidad del cloro disuelto (Mazzei, 2024). A diferencia de la simple inyección por gravedad, el Venturi produce una distribución uniforme del cloro en el flujo principal, sin dejar precipitados. Según la “Guía de Desinfección del Agua Mediante la Aplicación del Cloro en los Sistemas de Agua Potable Rurales” (SWISSAIS & PROTOS, 2024), el rango típico de dosificación en estos sistemas es de 1 a 25 L/h de solución clorada, acomodándose bien a caudales variables. En resumen, el efecto Venturi permite integrar al flujo principal la cantidad necesaria de cloro (proporcional al caudal) aprovechando sólo la presión del agua.

2.2.3.2. Ventajas del efecto Venturi en la cloración por succión

En nuestra tesis destacamos varias ventajas clave del uso del Venturi para clorar:

- a. Operación hidráulica sin energía eléctrica, como lo señala R. Hernández (2024), el Venturi no necesita fuentes de energía adicionales, pues sólo depende de la presión del agua. Esto simplifica su instalación y lo hace adecuado para sistemas rurales.
- b. Dosificación continua y automática, ya que, el diseño Venturi inyecta el cloro en función del flujo de agua, permitiendo una cloración proporcionada (Netafim, 2018; SWISSAIS & PROTOS, 2024). Los sistemas así instalados pueden entregar cloro a cualquier régimen de caudal, adaptándose automáticamente.

- c. Proporciona una mezcla más eficiente del químico, debido a que, la aceleración y a la cavitación interna, el Venturi incorpora totalmente el cloro al agua. Mazzei, (2024) y Netafim (2018) coinciden en que el chorro resultante crea microburbujas que maximizan el contacto entre el gas o líquido inyectado y el agua, logrando mezcla homogénea.
- d. También tiene un diseño simple y de bajo mantenimiento, debido a que, Los inyectores Venturi suelen ser dispositivos de una sola pieza sin partes móviles. Esto reduce el riesgo de fallos mecánicos y el costo operativo (Mazzei, 2024). En efecto, Mazzei resalta la ausencia de piezas móviles y su fácil mantenimiento, lo cual es ventajoso para un equipo de dosis de cloro.
- e. Así mismo, este tiene un amplio rango de operación, porque hay estudios técnicos indican que los inyectores Venturi funcionan eficientemente desde presiones muy bajas (0.07 bar) hasta altas (1–17 bar), requiriendo sólo un pequeño diferencial de presión para iniciar la aspiración. Esto facilita su uso en sistemas con diferentes condiciones de presión de línea.

2.2.4. Sistema de abastecimiento de agua

Según (DIGESA, 2010) mediante el Reglamento de la Calidad del agua para Consumo Humano, define al sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, al conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua mediante conexión domiciliaria, para un abastecimiento convencional cuyos componentes cumplan las normas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento.

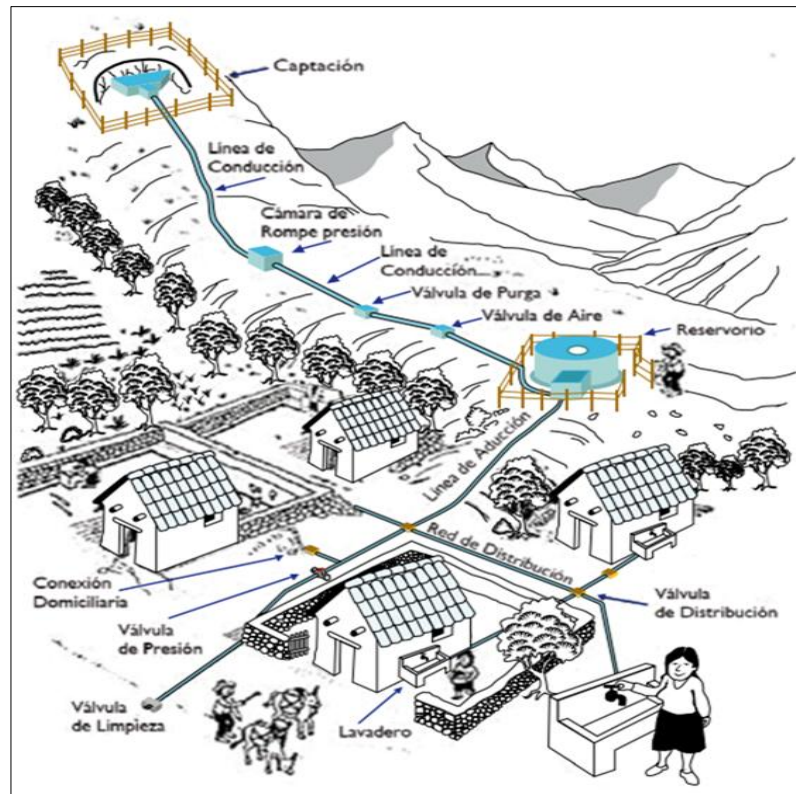
2.2.4.1. Sistemas de abastecimiento de agua potable en el ámbito rural

Según (Cooperación Alemana, implementada por la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017) En el Perú, el término "ámbito rural" se refiere a las poblaciones con menos de 2,000 habitantes y que no están cubiertas por una Empresa Prestadora de Servicios (EPS). Esta definición se encuentra establecida en la Ley N° 26338: Ley General de los Servicios de Saneamiento y en su reglamento, así como en el Decreto Legislativo N° 1280, que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

Los sistemas de agua potable tienen como propósito proporcionar agua potable a una población específica, y pueden ser convencionales o no convencionales. Los sistemas convencionales son aquellos que garantizan el acceso al agua potable a nivel domiciliario, e incluyen un sistema de tratamiento y distribución del agua conforme a las normativas de diseño sobre cantidad y calidad. Cada vivienda recibe agua a través de una conexión domiciliaria. Estos sistemas pueden ser de cuatro tipos: por gravedad, con o sin tratamiento, y por bombeo, con o sin tratamiento (Organización Panamericana de la Salud, 2003).

Figura 3

Sistema de Agua Potable Convencional



Nota: En la figura se muestra un sistema de abastecimiento de agua potable, desde la captación hasta la conexión domiciliaria. Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 15)

Partes de un sistema de agua potable convencional:

Según Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 15) las partes de un sistema de agua potable convencional son las siguientes:

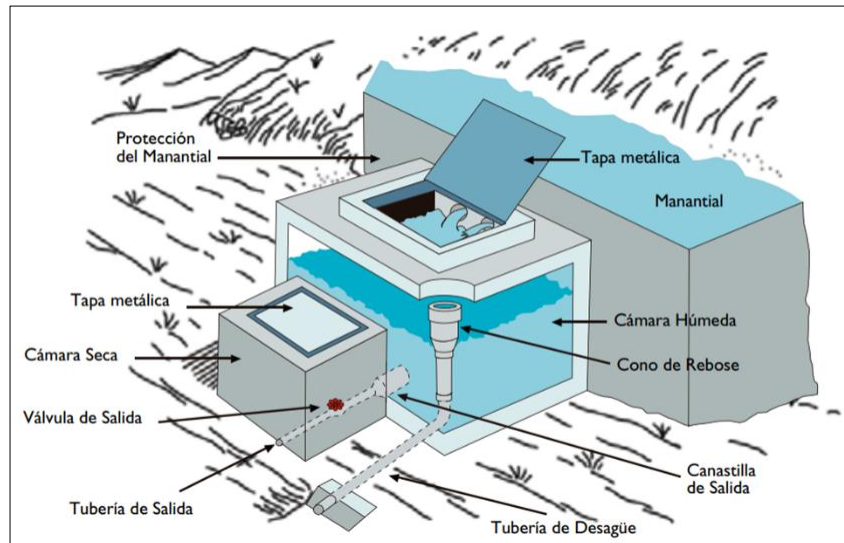
a) Captación

En la figura 4 se puede observar esta unidad, que está destinada a captar el agua de la fuente de abastecimiento. Las fuentes de

abastecimiento generalmente son de dos tipos: fuente subterránea (pozos) y fuente superficial (ríos).

Figura 4

Captación de agua subterránea.



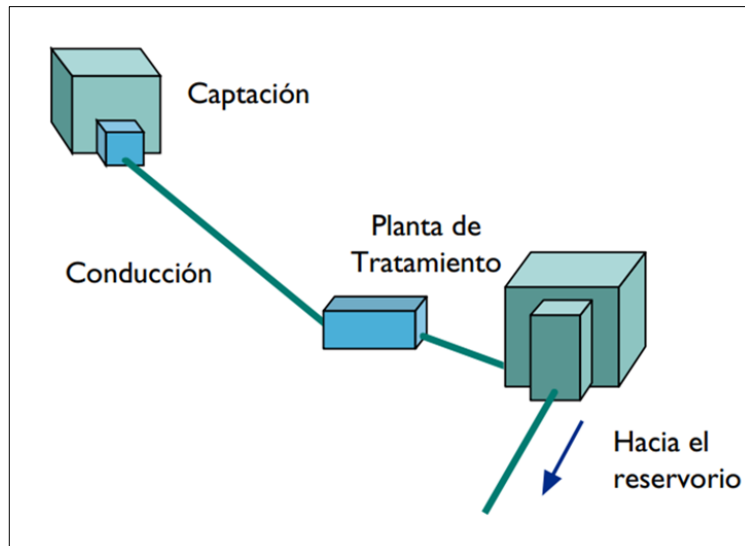
Nota: En la figura se muestra la unidad para captar agua de fuentes subterráneas (pozos). Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 15)

b) **Conducción**

Está compuesto por una serie de tuberías, estaciones para reducir la presión, válvulas de aire y otras estructuras, cuya función principal es transportar el agua desde la fuente de captación hasta la planta de tratamiento (si existe). Este sistema de conducción puede ser por gravedad o mediante bombeo. Cuando el agua se transporta a través de un sistema de bombeo, se le llama línea de impulsión, ya que se lleva el agua a presión generada por dicho sistema, como se muestra en la figura 5.

Figura 5

Línea de conducción de agua



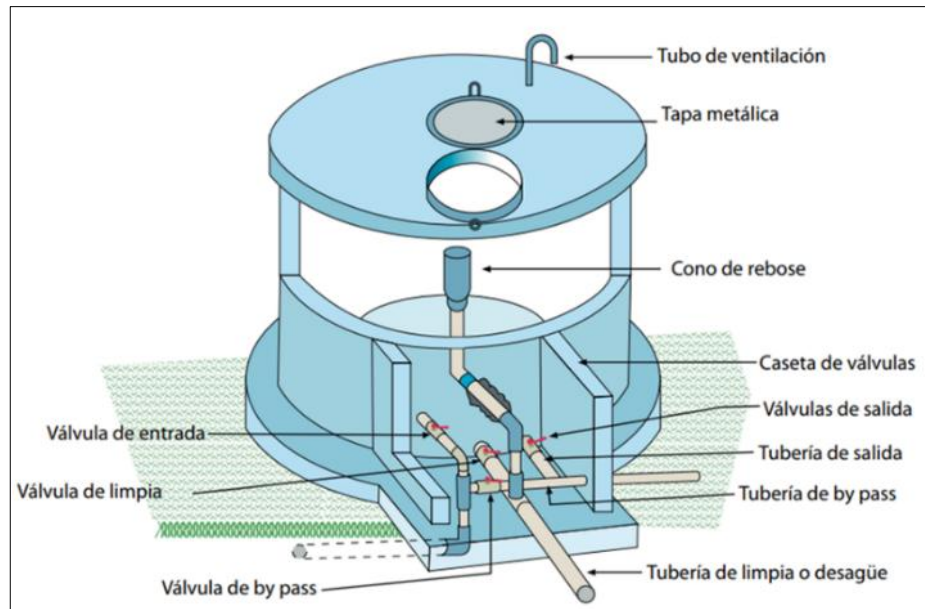
Nota: La figura muestra la línea de conducción, cuyo tramo inicia desde la captación hasta la planta de tratamiento. Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 16).

c) Reservorio de agua potable

El reservorio de almacenamiento tiene como objetivo guardar una cantidad suficiente de agua para satisfacer la demanda de la población en caso de interrupciones en el suministro. Además, ayuda a regular las presiones dentro de la red de distribución. En situaciones donde no hay una planta de tratamiento, este reservorio también puede ser utilizado para realizar la desinfección directa del agua.

Figura 6

Reservorio



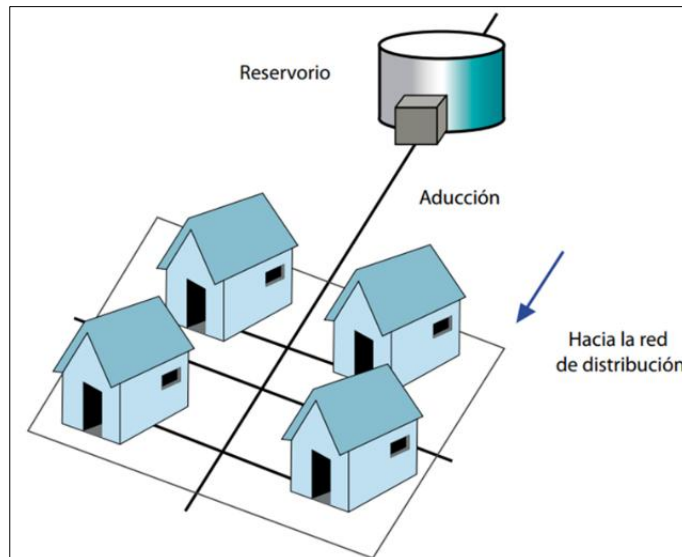
Nota: La figura muestra los componentes de un tanque de almacenamiento circular o reservorio para agua potable. Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 17).

d) Línea de aducción de agua

Está formado por un conjunto de tuberías, válvulas y otros componentes que, trabajando en conjunto, facilitan el transporte del agua potable desde el reservorio de almacenamiento hasta la red de distribución.

Figura 7

Línea de aducción



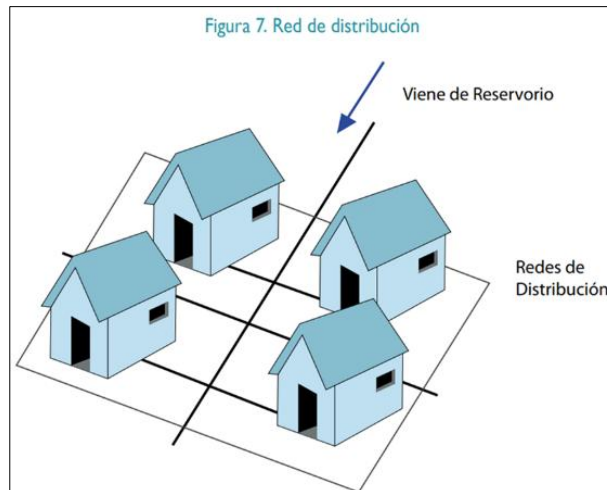
Nota: En la figura se muestra la línea de aducción, cuyo tramo inicia en el reservorio hasta la red de distribución. Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 18).

e) Red de distribución

Es un conjunto de tuberías que incluye válvulas de control, estaciones reductoras de presión y otros componentes, los cuales, en conjunto, se encargan de distribuir el agua potable a todas las viviendas de la comunidad.

Figura 8

Red de distribución



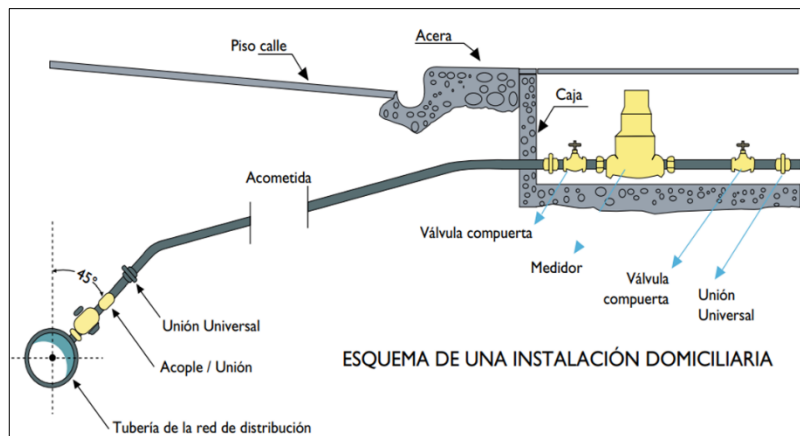
Nota: La figura muestra la red de distribución, dando facilidad a las conexiones domiciliarias. Fuente: Manual de proyectos de agua potable en poblaciones rurales Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 18).

f) Conexiones domiciliarias

Generalmente ubicada en la acera de la vivienda que recibe el servicio, la conexión domiciliaria permite el acceso al suministro de agua potable. Está formada por los componentes de toma, medición y la caja de protección. La responsabilidad del proveedor de servicios abarca hasta el punto de la conexión, más allá de lo cual corresponde al propietario de la vivienda.

Figura 9

Conexión domiciliar



Nota: La figura muestra una conexión que va desde un punto de red de distribución hasta el domicilio. Fuente: Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, p. (2017, p. 19).

2.2.5. Tecnologías de cloración

El autor Michel, (2014) menciona que la problemática actual en el Perú es que el hipoclorador ya no es usado por “los prestadores de servicio de agua y saneamiento rural”. En el mercado se podía encontrar el “hipoclorito de calcio al 33% hace algunos años, en la actualidad, solo se dispone de hipoclorito de calcio al 70%”, este compuesto requiere de otras tecnologías para proporcionar adecuadamente cloro a los sistemas de agua potable de la zona rural.

Es por ello, que los sistemas de cloración deben ser económicos, fáciles de operar y mantener, requerir poco tiempo para su instalación y ser duraderos. Esto tiene como objetivo facilitar la aceptación de estas tecnologías por parte de las comunidades rurales.

En la Norma Técnica de diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural (MINAM, 2018) establece que,

los sistemas de desinfección garantizan que la calidad del agua se preserve por un período más largo y se mantenga protegida durante su transporte a través de las tuberías hasta llegar a las viviendas por medio de las conexiones domiciliarias. Su instalación debe realizarse lo más cerca posible de la entrada de agua al reservorio y en un lugar donde la luz natural no interfiera con la solución de cloro dentro del recipiente.

También recomienda que el cloro residual activo esté entre 0,3 mg/l como mínimo y 0,8 mg/l como máximo bajo condiciones normales de suministro. Niveles superiores a 0,8 mg/l son percibidos por el olor y el sabor, lo que puede hacer que los usuarios rechacen el agua (MINAM, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (2006, p.95) establece que: “Las concentraciones objetivos mínimas de cloro en el lugar de suministro son de 0,2 mg/l en circunstancias normales y de 0,5 mg/l en circunstancias de riesgo alto”.

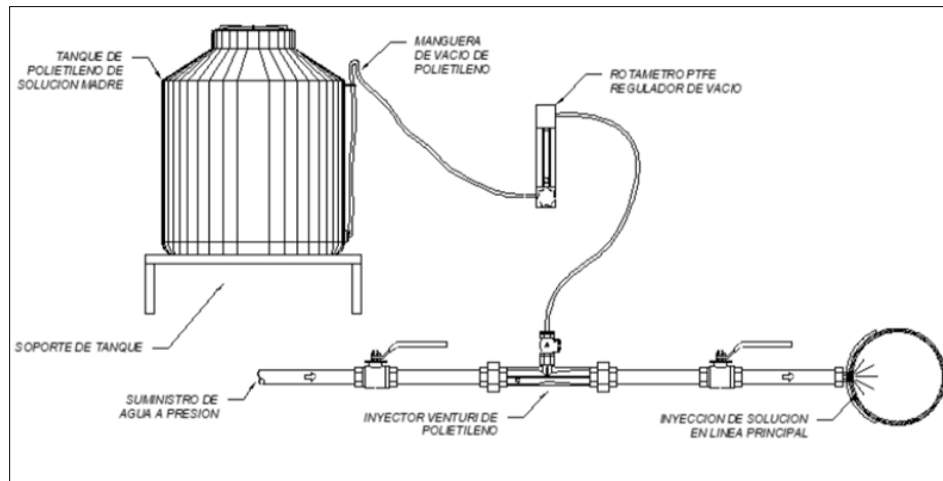
2.2.5.1. Sistema de cloración Venturi

Este sistema utiliza el principio Venturi, que permite inyectar la solución de cloro a la línea de conducción o impulsión, logrando una cloración permanente y automática, pueden ser utilizados en sistemas por gravedad y por bombeo (Proaguaingenieros, 2023).

Es una tecnología diseñada y orientada a pequeñas poblaciones y zonas rurales, pensando en las facilidades para su operación y con un bajo mantenimiento. Utiliza solución de hipoclorito de calcio granulado o hipoclorito de sodio como insumo. La solución se prepara manualmente, y se recarga aproximadamente cada 15-20 días. Recomendable para sistemas de abastecimiento pequeños con caudales entre 0.5-4 L/s.

Figura 10

Principales componentes del Sistema de cloración Venturi



Nota: En la figura se muestra los componentes de un sistema de cloración por succión Venturi. Fuente: Extraído de PROAGUA Ingenieros S.A.C. (2024).

Características del sistema de cloración por succión Venturi:

- ↪ Totalmente automático, permite una cloración según el consumo demandado.
- ↪ Funciona aprovechando la presión del agua, por lo que no requiere energía eléctrica.
- ↪ Evita las obstrucciones frecuentes que se dan en otras tecnologías de cloración.
- ↪ La operación del equipo se limita a recargar la solución de cloro en el tanque.
- ↪ Dosificación continua y confiable.
- ↪ Pueden instalarse en sistemas de agua por gravedad simple, sistemas por bombeo e incluso sistemas donde el abastecimiento no es continuo.

2.2.5.2. Sistema de cloración por goteo autocompensante

Según Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (2017), la cloración por goteo autocompensante es un proceso que permite desinfectar el agua potable mediante la dosificación constante de una solución clorada en pequeñas cantidades (en forma de gotas o chorro) en la cámara de cloración o directamente en el reservorio. El objetivo es lograr la desinfección eficiente del agua y asegurar la presencia de cloro residual libre establecido en la norma vigente.

Los componentes básicos del sistema de cloración por goteo son:

- ✓ El tanque clorador de volumen conocido (generalmente 750 litros) donde se realiza la preparación y almacenamiento de la solución clorada y
- ✓ el elemento de dosificación que entrega la dosis de solución clorada en el punto de cloración. Generalmente mediante un caudal conocido (usualmente de 1, 2, 4, 6 y 8 litros por hora) y por descarga libre.

Figura 11

Componentes del sistema de cloración por goteo



Nota: La figura muestra los componentes de un sistema de cloración por goteo autocompensante. Fuente: Desinfección de sistemas, caracterización de fuentes de agua y cloración del agua para consumo humano (MINSA, 2023).

2.2.6. Generalidades del agua

2.2.6.1. El agua

El agua es una sustancia líquida, compuesta por dos átomos de hidrógeno (H) y uno de oxígeno (O), con la fórmula química H₂O. “Es la fuente y el sustento de la vida, contribuye a regular el clima del mundo y con su fuerza formidable modela la Tierra. Posee propiedades únicas que la hacen esencial para la vida. Es un material flexible: un solvente extraordinario, un reactivo ideal en muchos procesos metabólicos; tiene una gran capacidad calorífica y tiene la propiedad de expandirse cuando se congela” (Fernandez Cirelli, 2012).

2.2.6.2. Calidad de agua potable

La calidad de agua se refiere a la evaluación del agua suministrada por el proveedor, para asegurarse de que cumpla con los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua establecidos para el agua para consumo humano (DIGESA, 2010). En conjunto, estos aspectos definen la calidad del agua como aquella que es segura, saludable y adecuada para su consumo humano, que deben estar dentro de los límites permitidos para garantizar que el agua no represente un riesgo para la salud pública.

2.2.6.3. Parámetros críticos de la calidad del agua

El abastecimiento y la calidad de agua son importantes para la salud humana, es por ello por lo que se realizan pruebas de calidad del agua para determinar la inocuidad de los suministros. La "vigilancia mínima" o "ensayo de los parámetros críticos" presume que las autoridades sanitarias estarán al tanto de otras fuentes determinadas de riesgo en la región, tales como la

contaminación química, y las incluirán en el “plan 19 de vigilancia”. Es mucho más poderoso vigilar un corto número de parámetros clave con la mayor frecuencia posible (en conjunción con una inspección sanitaria) que llevar a cabo, con menos frecuencia, análisis completos pero que llevan mucho tiempo y que en gran parte no son de interés (Guías para la calidad de agua potable).

El estado higiénico y el riesgo de infección transmitida en el agua para consumo humano de una comunidad se vigila mediante el cumplimiento de parámetros recomendados.

Los parámetros críticos para la vigilancia de la calidad del agua son los siguientes:

- Cloro residual,
- - E. coli; los coliformes (fecales) termotolerantes,
- Turbiedad (si se efectúa algún tratamiento),
- pH (si se practica la cloración).

2.2.6.4. El agua y saneamiento en zonas rurales

El abastecimiento de agua y disposición de excretas es complejo en pequeñas localidades con mayor población y zonas rurales (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2009, parr. 1). Al ser complejos estos tipos de sistemas en zonas rurales se presentan un fin de dificultades comunes que son las siguientes:

- Bajo nivel socio económico de los beneficiarios;
- Viviendas aisladas o pequeños núcleos urbanos, no permiten economías de escala de las soluciones propuestas;
- Limitado acceso a nuevas tecnologías;

- Limitado o nulo acceso a recursos financieros;
- Los sistemas son operados a través de organizaciones conformadas por miembros de la comunidad, lo que resulta en bajo nivel técnico de los operadores; y
- Carencia de supervisión, control y apoyo técnico de instituciones públicas o empresas de agua y saneamiento de mayor tamaño (BVSDE, 2009, parr 2.).
- El tiempo de contacto del agua con el desinfectante.

2.2.7. Desinfección del agua para consumo humano

2.2.7.1. Principio de desinfección

La desinfección del agua es un procedimiento que implica la reducción de microorganismos patógenos para los seres humanos hasta niveles que no representen un riesgo para la salud. La adición de cloro elemental o sus derivados es uno de los métodos químicos más comunes en este proceso, conocido como cloración. Otros desinfectantes utilizados incluyen ozono, permanganato de potasio, bromo y yodo. El uso de cloro para desinfectar el agua cumple dos funciones: la primera es eliminar o inactivar la mayoría de los microorganismos causantes de enfermedades; la segunda, especialmente en el agua potable, es mejorar su calidad al reaccionar con compuestos como amonio, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas (Freire, 2018).

Según Fustamante & Programa PROAGUA (2017, p. 20) la desinfección es un proceso crucial para garantizar la seguridad del agua potable. Su aplicación es obligatoria en todos los sistemas de suministro de agua para consumo humano. Este proceso consiste en eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua antes de ser distribuida a los usuarios. Se lleva a cabo mediante el uso de agentes químicos o físicos y debe

generar un efecto residual en el agua para prevenir cualquier posible contaminación microbiana posterior a la desinfección.

La evaluación de la calidad del agua se realiza comparando sus características físicas, químicas y microbiológicas con los valores establecidos en las normativas correspondientes, según el uso previsto para el agua. En este contexto, se debe evaluar en qué medida los resultados del monitoreo cumplen con los estándares de calidad vigentes para el agua potable.

También, (Chulluncuy Camacho, 2011) menciona que es el último proceso de tratamiento del agua, que consiste en la destrucción selectiva de los organismos potencialmente infecciosos. La desinfección por sí sola no basta para anular todos los organismos patógenos, por lo que es necesario procesos como la coagulación, sedimentación y filtración para su eliminación.

Los factores que influyen en la desinfección son:

- Los microorganismos.
- El pH del agua.
- La temperatura del agua.
- La naturaleza y calidad del agua.
- Concentración del agente desinfectante.
- El tiempo de contacto del agua con el desinfectante.

2.2.7.2. Cloración como proceso de desinfección

La cloración es el método de aplicación más usado en los sistemas de abastecimiento de agua rural (Organización Panamericana de la Salud, 2007, p.9).

Este mecanismo es el más utilizado ya que cuenta con muchos beneficios y son los siguientes:

- Es fácil de acceder
- Destruye la materia orgánica por su alta capacidad oxidante.
- Potencialmente germicida
- Es confiable y de bajo costo
- La mayoría de las tecnologías de cloración son aceptadas por la población.
- El cloro se puede conseguir fácilmente
- Es muy económico.

2.2.7.3. Control de desinfectante

Según el artículo N° 66 del reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, antes de realizar la distribución del agua, “el proveedor realizará la desinfección con un desinfectante eficaz para eliminar todo microorganismo y dejar un residual a fin de proteger el agua de posible contaminación microbiológica en la distribución. En caso de usar cloro o solución clorada como desinfectante, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución no deberán contener menos de 0.5 mgL⁻¹ de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe

contener menos de 0.3 mgL-1 y la turbiedad deberá ser menor de 5 unidad nefelométrica de turbiedad (UNT)” (DIGESA, 2010).

2.2.7.4. Desinfección mediante cloración

Según Fustamante & Programa PROAGUA (2017, pp. 19-20), el objetivo de la desinfección del agua es dotar al consumidor agua de calidad libre de patógenos y de gérmenes que se pueden introducir en los componentes del sistema de agua. Controlando que posteriormente el agua se contamine microbiológicamente. Sin embargo, esto suele ser muy criticado en pequeñas ciudades y zonas rurales, a pesar de ser la forma más accesible de tratamiento. La desinfección del agua puede realizarse mediante agentes físicos o agentes químicos. Los agentes desinfectantes actúan generalmente en dos formas para la destrucción de los microorganismos:

- Destruyendo directamente la pared celular y por tanto al microorganismo.
- Afectando la actividad enzimática en el exterior del microorganismo y por tanto su metabolismo o alimentación, originando su muerte.

De todos los agentes desinfectantes, el cloro sigue siendo el de mayor aplicación en sistemas de abastecimiento de agua, entre otras ventajas, principalmente, por su efecto residual, su bajo costo y la facilidad para su aplicación.

Asimismo, Fustamante & Programa PROAGUA (2017, p. 21) menciona las principales características de un buen desinfectante deben ser:

- Tener la capacidad de destruir todos los tipos de patógenos en las cantidades típicas presentes en el agua y en un corto tiempo de contacto,
- No perder su capacidad desinfectante ante cambios en la composición y condiciones del agua a desinfectar, - No ser tóxico y no generar subproductos tóxicos,

- Debe mantener su capacidad desinfectante en un rango adecuado de temperatura del agua,
- Debe ser muy fácil y seguro de aplicar, así como de determinar su concentración en el agua y
- Debe proveer al agua una protección residual contra contaminaciones posteriores a la desinfección, es decir, tener efecto residual.

Además, para lograr la desinfección correcta y oportuna es importante:

- Que implique un proceso simple de desinfección y monitoreo de la concentración residual,
- Que la determinación de la concentración a aplicar del desinfectante sea fácil,
- Que sea de bajo costo,
- Que esté disponible en el mercado al que accede el prestador.

2.2.7.5. Cloro (Cl)

Según (Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, pp.23-25) es:

El cloro es un gas de color amarillo verdoso con un peso específico igual a 2.48 veces el peso específico del aire en condiciones normales de temperatura y presión.

El cloro fue descubierto en 1774 por el químico sueco Scheele y fue nombrado recién en 1810 por Sir Humphrey Davy, el nombre proviene del vocablo griego Chloros que significa verde-amarillo (Nicholas P. Cheremisinoff, 2002).

El cloro puede encontrarse en la naturaleza en forma combinada, mayormente como cloruro de sodio (NaCl: sal común) u otras sales. También se usa en el tratamiento del agua para el control de algas, olores, color y como oxidante para reducir fierro y manganeso entre otros.

El cloro gas es una sustancia altamente tóxica, capaz de generar daños permanentes, incluso hasta la muerte, con prolongados tiempos de exposición. El principal medio de exposición es por inhalación. La Tabla 2 resumen los efectos tóxicos del cloro.

Tabla 1

Efectos tóxicos del cloro

Nivel de exposición	Efecto tóxico
0.01mg/l	Afecta la vida acuática
3.5mg/l	En este nivel el olor se puede detectar fácilmente
Hasta 15mg/l	Irritación de ojos y mucosas respiratorias
50mg/l	Efectos graves en cortos periodos de exposición
1000mg/l	Efectos letales

Nota: En la tabla se muestra el efecto toxico según del nivel de exposición, siendo 1000 mg/L el nivel más alto con efectos letales. Fuente: Adaptado de Nicholas P. Cheremisinoff (2002).

El cloro residual es la cantidad de cloro presente en el agua en forma de ácido hipocloroso e hipoclorito que debe quedar en el agua potable para proteger potencialmente de la contaminación microbiológica, posterior a la cloración como parte del tratamiento (DIGESA, 2010).

Cloración:

Es la aplicación de cloro al agua con el fin de extinguir los microorganismos o gérmenes que producen enfermedades y que se encuentran en el agua. Es tratar el agua y hacerla apta para el consumo humano (Madera, 2013)

Requisitos para la cloración del agua para consumo humano:

- ✓ Reporte de análisis físico, químico y microbiológico.
- ✓ Parámetros de campo: pH (6.5 – 8.5); Turbiedad (5 UNT).
- ✓ Identificación de riesgos (ficha pvica).
- ✓ Medir el caudal de agua al ingreso del reservorio.
- ✓ Operador capacitado por la JASS.
- ✓ Buenas condiciones del SAP
- ✓ La cuota familiar debe estar al día.
- ✓ Responsable de ATM debe estar capacitado para brindar Asistencia Técnica y seguimiento (Registro de Cloración).

Cantidad de cloro a dosificar:

“La cantidad de cloro que se va a dosificar equivale a la demanda de cloro (la cual está estrechamente ligada a la calidad química y microbiológica del agua a la que debe adicionarse la cantidad de cloro residual esperada en la red de abastecimiento de agua. Por tanto, antes de llevar a cabo el proceso de desinfección es conveniente realizar ensayos de consumo instantáneo de cloro” (Madera, 2013).

Cloro residual libre:

Es la porción de cloro que queda en el agua después del tiempo de contacto, que va a reaccionar como ácido hipocloroso (Modelo de Saneamiento Básico Integral, 2018).

El cloro residual libre según la norma establecida en el Perú establece que debe estar presente en al menos 0.5 mg/l para ser establecido como agua potable.

$$\text{Dosis cloro mg/l} = \text{demanda de cloro mg/l} + 0.5 \text{ mg/l}$$

Medición del cloro residual:

“El método más utilizado es el colorimétrico de DPD (N,N-dietilo-p-fenilenediamina), el cual consiste en tomar una muestra de agua clorada en algún punto de la red de distribución y se mide la cantidad de cloro residual” (Madera, 2013. p. 40).

2.2.7.6. Desinfección de los componentes de un sistema de agua potable

Según (Ministerio de Salud - División de saneamiento, 1989, p.51) la desinfección de los componentes del sistema de agua se debe regir a lo regido en la norma. Las concentraciones para una buena desinfección de los sistemas de agua potable son:

Tabla 2

Concentraciones para la desinfección de sistemas de agua potable

Descripción	Concentración mg/L o ppm	Tiempo de retención (Horas)
Captación	150 – 200	2 – 4
Reservorios	50	4
Tuberías	50	4

Nota: En la tabla se muestra la concentración y el tiempo de retención en la captación, reservorio y tuberías. Fuente: Adaptado de (Ministerio de Salud - División de saneamiento, 1989, p.51).

2.2.8. Procedimiento para el cálculo de la dosificación de cloro

La dosificación de cloro y la respectiva preparación de solución madre requieren identificar:

- Caudal de ingreso al reservorio
- Caudal mínimo de goteo
- Periodo de recarga de tecnología de cloración en días
- Concentración de cloro a nivel de reservorio
- Tipo de hipoclorito de calcio a usar: 70% el de mayor uso
- Máxima concentración de la solución clorada no debe superar los 5000 ppm

El procedimiento para seguir es:

- Cálculo de peso de desinfectante (hipoclorito de calcio al 65-70%)
- Se calcula la cantidad de hipoclorito de calcio en gramos que se debe suministrar con un goteo no menor de 40 ml/min para un tiempo determinado de recarga, para ello se puede usar la siguiente formula.

$$p = \frac{Q_i * T * C_2}{10 * \% \text{ cloro}}$$

Nota. Extraído de (Echegaray, 2009)

Donde:

P: Peso de hipoclorito en gramos.

Qi: Caudal de ingreso al reservorio en Litros / seg.

T: Tiempo de recarga.

C2: Concentración de cloro a nivel de reservorio en ppm.

% Cloro: Concentración de hipoclorito de calcio

- El peso encontrado se mezcla con agua y se obtiene la solución clorada que no debe superar las 5000 ppm.

2.2.9. Procedimiento de solución madre al sistema de agua potable

El cálculo de la dosificación de cloro en el sistema de agua se realiza usando la relación entre el caudal de agua que ingresa al reservorio y el caudal de la solución madre son una concentración de 5000 ppm, se acuerdo a los siguientes pasos:

- ✓ Cálculo del caudal de demanda de agua para la población.
- ✓ Cálculo del caudal de goteo de la solución madre.
- ✓ Puesta en funcionamiento de sistema de agua potable y sistema de cloración con datos obtenidos (Caudal de agua de ingreso para un tiempo determinado, caudal de goteo de solución madre).
- ✓ Medición de cloro residual libre en reservorio y en conexiones de sistema de distribución.
- ✓ Mantener la cloración en reservorio durante un periodo de tiempo de contacto de 30 minutos.
- ✓ Con el caudal regulado se inicia la cloración del sistema en forma permanente con el monitoreo de la concentración de cloro residual libre en el reservorio y en la red de distribución de agua potable (Echegaray, 2009).

Tabla 3

Dosificación de hipoclorito de calcio para diferentes caudales

Peso de hipoclorito de Calcio al 70%(gr)	Máxima concentración de solución clorada(ppm)	Caudal de ingreso al reservorio Qi (L/s)	Caudal de goteo Qg (ml/min)		
		1.20	17.3	21.6	24.5
		1.30	18.7	23.4	26.5

		1.40	20.2	25.2	28.6
		1.50	21.6	27.0	30.6
		1.60	23.0	28.8	32.6
		1.70	24.5	30.6	34.7
		1.80	25.9	32.4	36.7
		1.90	27.4	34.2	38.8
		2.00	28.8	36.0	40.8
1785	5000ppm	2.10	30.2	37.8	42.8
		2.20	31.7	39.6	44.9
		2.30	33.1	41.4	46.9
		2.40	34.6	43.2	49.0
		2.50	36.0	45.0	51.0
		2.60	37.4	46.8	53.0
		2.70	38.9	48.6	55.4
		2.80	40.3	50.4	57.1
		2.90	41.8	42.2	59.2
		3.00	43.2	54.0	61.2

Nota: En la tabla se muestra la concentración de cloro a nivel de reservorio (C2) para los caudales de goteo propuestos entre 17.3 a 43.2 fue de 1.2mg/L, para 21.6 a 54.00 fue de 1.5mg/L y finalmente para 24.5 hasta 61.2 fue de 1.5mg/L. Fuente: Manual de instalación, operación y mantenimiento (COSUDE, 2018).

2.3. Definición de términos

- **Ácido Hipocloroso:** “Compuesto químico que resulta de la reacción del agua con un producto de cloro”(Cooperación Alemana & Gesellschaft für International Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 23).
- **Agua cruda:** “Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento”(DIGESA, 2011, p. 10).
- **Cavitación:** Formación y explosión repentina de burbujas de vapor que puede dañar la bomba (GRUNDFOS, 2014).

- **Clorador:** “Dispositivo utilizado para aplicar el cloro al agua en la dosis correspondiente”(Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 25).
- **Chloramine (Cloramina):** Desinfectante poco volátil que se forma cuando el cloro reacciona con amoníaco en el agua (Vargas & Gómez, 2017).
- **Cloro libre:** “Es la cantidad de cloro disponible para la desinfección del agua.” (Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 23)
- **Efecto Venturi:** Fenómeno físico que se produce cuando un fluido atraviesa un conducto que se estrecha, lo que provoca un aumento en la velocidad del fluido y una disminución en su presión. Esta caída de presión permite que se succionen otros fluidos, como el cloro, para mezclarlo con el agua. Calle, J., & Palacios, F. (2018)
- **Ion Hipoclorito (Ocal-):** “Compuesto químico cuya capacidad de desinfección es muy reducida. Su condición de ion no le permite atravesar la pared celular de los microorganismos”(Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 23).
- **Sistema de cloración:** “El propósito de un sistema de cloración es obtener eficacia máxima del desinfectante sobre la variedad más amplia de condiciones microbiológicas esperadas; mejor economía general; efectos indeseables mínimos sobre el agua que se va a tratar; y fiabilidad máxima con el fin de obtener los mayores beneficios para la salud” (Organizacion Panamericana de la Salud, 2007).
- **Patógeno:** Un patógeno es un agente infeccioso capaz de provocar enfermedades y causar daños en el organismo que invade (Unilabs, 2022).

- **Turbiedad:** “Parámetro que indica la capacidad para que un haz de luz atraviese un cuerpo de agua. Se considera una característica organoléptica de la calidad del agua potable”(Cooperación Alemana & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, 2017, p. 24).

2.4. Hipótesis

Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026

2.4.1. Hipótesis específicas

- Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026
- Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026
- Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026

2.5. Variables

- **Variable independiente (X):** Sistema de cloración por succión Venturi
- **Variable dependiente (Y):** Parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 4

Identificación de variable

VARIABLE	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Instrumento
Independiente (X) Sistema de cloración por succión Venturi	Es un dispositivo hidráulico de dosificación que permite la inyección de sustancias químicas en una corriente de agua mediante el principio Venturi, el cual se basa en la disminución de la presión cuando el fluido aumenta su velocidad al pasar por una sección estrecha, generando un vacío que succiona la solución desinfectante hacia el sistema. Este mecanismo permite la mezcla de sustancias sin requerir energía eléctrica adicional, siendo aplicado en sistemas de tratamiento de agua (BossTech, 2023).	Se operacionaliza como la instalación de un inyector Venturi conectado a la línea de conducción del sistema de agua potable y a un tanque de solución madre de cloro, donde el caudal del agua genera la succión necesaria para la inyección del desinfectante en la red. Su desempeño será evaluado en función de la dosificación de cloro inyectado y su comportamiento en el sistema de distribución durante el periodo de estudio.	Parámetros de control obligatorio	Cloro residual	Mg/L	Comparador tipo disco de cloro
Dependiente (Y) Parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable	Los parámetros operacionales en sistemas de abastecimiento de agua potable son indicadores medibles que permiten evaluar el funcionamiento del sistema durante su operación, especialmente en relación con la calidad del agua mediante la concentración de cloro residual, así como la eficiencia del proceso de desinfección y condiciones de operación del sistema (Organización Mundial de la Salud, 2017).	Se operacionaliza mediante la medición de indicadores del sistema de cloración en condiciones reales de operación, considerando la concentración de cloro residual en el reservorio y en puntos de la red de distribución, el tiempo de homogenización del desinfectante en el sistema y el costo de operación asociado a cada tipo de cloración evaluado. Estos datos serán registrados mediante monitoreos en campo y análisis comparativo entre el sistema de succión Venturi y el sistema de goteo autocompensante.	Nivel de cloro residual	Baja < 0.5 Alta ≤ 0.5	mg/L	Comparador tipo disco de cloro Ficha de registro y control
			Tiempo de cloración	Homogeneidad de mezcla	%	Fichas de monitoreo de la calidad de agua - DIRESA
			Costo de operación	costo directo e indirecto	s/.	Ficha de análisis de costos

Nota: Elaboración propia

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito temporal

La propuesta de investigación contempla su ejecución en un periodo total de cinco meses, comprendido entre los meses de marzo y julio del año 2026. Durante este tiempo se planifica desarrollar de manera secuencial una serie de actividades orientadas a mejorar y evaluar el sistema de cloración en estudio. En primer lugar, se realizará un diagnóstico detallado del sistema de cloración actualmente en funcionamiento, identificando sus características, limitaciones y oportunidades de mejora. Posteriormente, se llevará a cabo un proceso sistemático de monitoreo y recopilación de datos para disponer de información actualizada y confiable. Con base en ello, se procederá a la instalación del sistema de cloración por succión Venturi, evaluando su desempeño en condiciones reales de operación. Finalmente, se continuará con actividades de monitoreo y registro de resultados, con el objetivo de analizar los efectos y beneficios del nuevo sistema en la zona rural de Chuñuranra.

3.1.2. Ámbito espacial

El proyecto de investigación se ejecutará en el sistema de abastecimiento de agua potable del Centro Poblado Rural de Chuñuranra, distrito de Huancavelica, provincia de Huancavelica, región Huancavelica. Este sistema es administrado por la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) de Chuñuranra, reconocida mediante Resolución de Alcaldía N° 290-2024-AL/MPH de fecha 19 de setiembre de 2024.

3.1.2.1. Ubicación geográfica

El área de estudio correspondiente al sistema de abastecimiento de agua para consumo humano del Centro Poblado Rural de Chuñuranra se encuentra georreferenciada en el sistema de coordenadas UTM (Datum WGS84, Zona 18L), según el siguiente detalle:

Captación (manantial):

- ✓ Este : 496337.00 mm E
- ✓ Norte : 8586716.00 m S
- ✓ Altitud: 3773 m.s.n.m.

Reservorio de almacenamiento (ubicación de implementación del sistema de cloración por succión Venturi):

- ✓ Este : 496527.00 m E
- ✓ Norte : 8586908.00 m S
- ✓ Altitud: 3787 m s. n. m

Figura 12

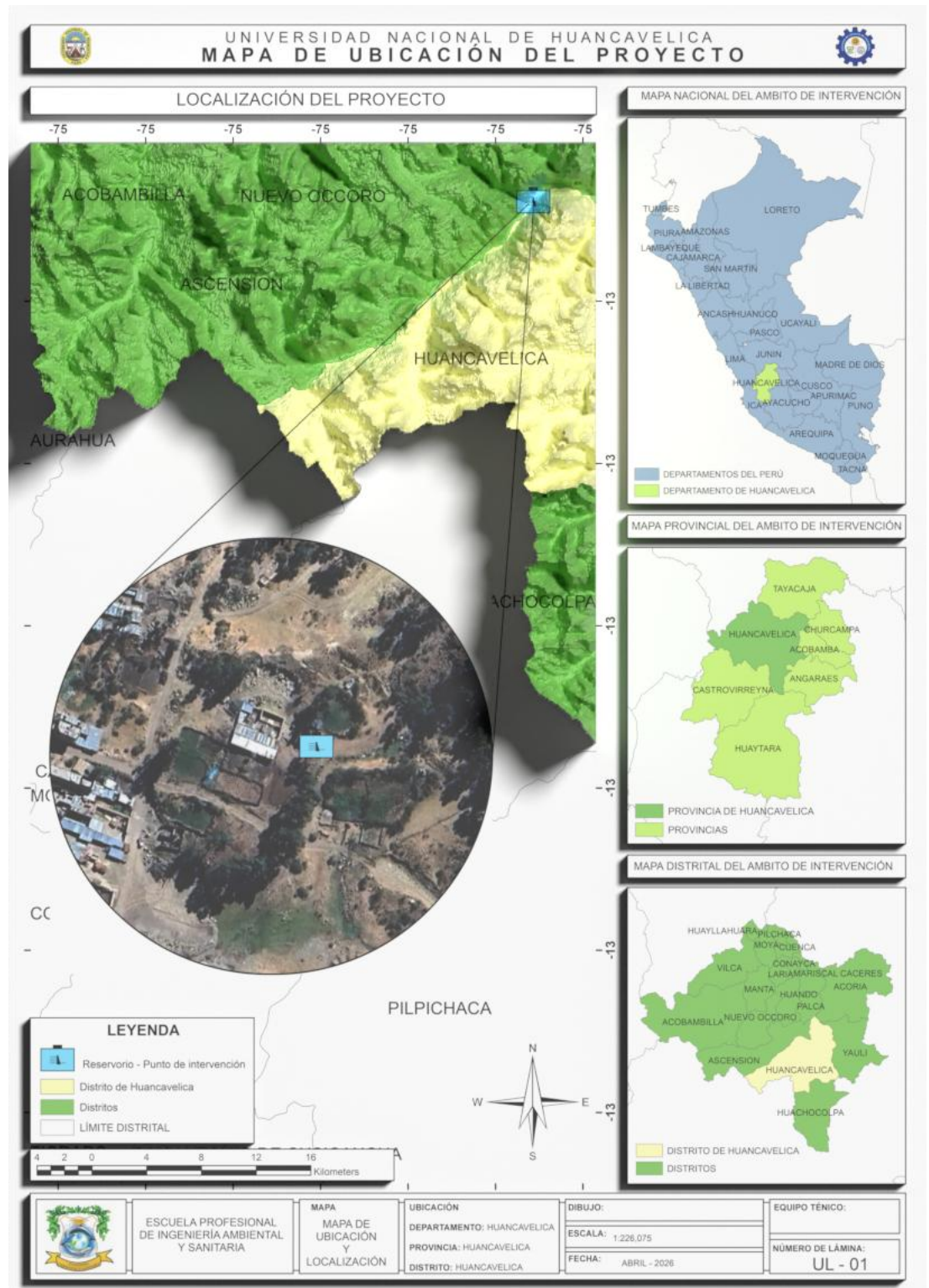
Ubicación geográfica del SAP en la zona rural de Chuñuranra



Nota: La figura muestra el reservorio destinado a la instalación del nuevo sistema de cloración, así como el área delimitada que contiene las viviendas beneficiarias de la zona rural de intervención del proyecto. Fuente: Vista satelital extraída de Google Earth Pro. (2026).

Figura 13

Ubicación del SAP de estudio



Fuente: Elaboración propia (ArcGIS)

3.2. Métodos de investigación

3.2.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicada: Según Castro et al., p. (2023, p. 150) “este tipo de investigación se caracteriza por buscar conocimientos de aplicación directa a problemas sociales, como el acceso al agua potable de calidad.”

3.2.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación es explicativo: De acuerdo con Ramos-Galarza, p. (2020, p. 3), “explica el comportamiento de una variable, en este caso, la concentración de cloro residual, al analizarla bajo condiciones experimentales”

3.2.3. Diseño de investigación

Utilizaremos el diseño experimental transeccional como se muestra el diagrama.

$$\text{S.E.} \rightarrow \text{O1} \rightarrow \text{X} \rightarrow \text{O2}$$

S.E. = Sistema experimental: Evaluación del sistema actual

O1 = Observación 1: Evaluación de cloro residual del sistema actual de la zona rural de Chuñuranra

X = Variable independiente: Aplicación del nuevo sistema de cloración por succión Venturi en la zona rural de Chuñuranra

O2 = Observación 2: Evaluación de cloro residual del nuevo sistema de cloración por succión Venturi en la zona rural de Chuñuranra.

3.3. Población, Muestra y Muestreo

3.3.1. Población

Agua de consumo humano distribuida en el sistema de abastecimiento de una zona rural.

3.3.2. Muestra

En este proyecto tesis se recolectará un total de 49 muestras, tanto para el sistema de cloración actual y el sistema de cloración por succión Venturi, tomados en el reservorio y en la red de distribución del sector Chuñuranra, los cuales conforman puntos de monitoreo.

El número de muestras de la investigación consiste en:

- Se realizará 14 monitoreos para el sistema de cloración.
- Los monitoreos se realizarán para 2 métodos de cloración.
- Los puntos de monitoreo serán 4, empezando por el reservorio, la vivienda más cercana, intermedia, y la más alejada al reservorio.
- Las muestras se tomarán para un parámetro obligatorio de control (cloro residual).
- Resultando 49 muestras para cada método de cloración.

Tabla 5*Muestras de método por succión Venturi*

Componentes	Cantidad de muestras	Total, de muestras
Monitoreo y control	14	49
Reservorio	7	
Cantidad de viviendas	3	

Nota: En la tabla se muestra el total de muestra tomadas (49) por el método por succión Venturi en cada componente. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6*Muestras de método de cloración por goteo autocompensante*

Componentes	Cantidad de muestras	Total, de muestras
Monitoreo y control	14	49
Reservorio	7	
Cantidad de viviendas	3	

Nota: En la tabla se muestra el total de muestra tomadas (49) por el método de cloración actual en cada componente. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Muestreo

La sección de la muestra se realizó mediante el “muestreo no probabilístico de carácter intencional”, ya que las muestras se eligieron por con por conveniencia de acuerdo con la investigación Hernández (2021).

3.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección de datos

3.4.1. Técnicas

La técnica principal que se utilizará en este estudio es la observación directa estructurada, la cual se fundamenta en el registro sistemático, válido y confiable de datos en el entorno natural del fenómeno estudiado. Según Hernández & Mendoza (2018), esta técnica consiste en observar y registrar comportamientos o eventos específicos siguiendo un esquema predefinido, lo que permite garantizar precisión y objetividad en la recolección de información.

3.4.2. Instrumentos

De acuerdo con Hernández & Mendoza, p. (2018, p. 338), la fiabilidad de un instrumento se refiere a su capacidad para proporcionar resultados consistentes y estables en diferentes momentos o aplicaciones, mientras que la validez se relaciona con la capacidad del instrumento para medir lo que realmente se pretende medir. En este estudio, la fiabilidad se asegurará mediante pruebas piloto, que permitirán verificar la consistencia de los datos antes de su implementación completa. La validez estará respaldada por la certificación del comparador de cloro residual tipo digital HANNA, otorgada por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), lo que garantiza mediciones precisas y confiables.

Los instrumentos y equipos que se usó para la recolección de datos son:

1) Ficha de registro y control de cloro

Se utilizaron fichas de recolección para cada sistema de cloración, las cuales fueron tomadas de la: “Guía para el cumplimiento de la meta 5” MEF & MVCS, p. (2022, p. 161). Asimismo, fueron verificadas y firmadas por el fiscal del sector Chuñuranra.

2) Equipos de campo

Se empleará el comparador de cloro residual tipo digital HANNA, este comparador es el más utilizado por el “Área Técnica Municipal (ATM)” y por monitores FED de la Dirección Regional de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DRVCS)” para la medición de cloro residual.

Figura 11

Comparador de cloro residual digital HANNA



Nota: La figura muestra un comparador de cloro residual digital en la marca HANNA, instrumento fundamental para tomar las muestras. Fuente: Extraído de Matraz.pe.

3.4.3. Procedimientos para la recolección de datos

La recolección de datos se desarrollará mediante observación directa y registro sistemático de la información obtenida en campo, con el fin de evaluar comparativamente el comportamiento del sistema de cloración por goteo autocompensante y del sistema de cloración por succión Venturi. Para ello, previamente se coordinará con los responsables de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento y con el personal técnico

correspondiente, a fin de establecer las condiciones de acceso, horarios de operación y puntos de monitoreo.

En primer lugar, se realizará una inspección preliminar del sistema de abastecimiento de agua potable, identificando los componentes de captación, almacenamiento, cloración y distribución, así como los puntos donde se efectuará el monitoreo del cloro residual libre. Luego, se procederá al reconocimiento de las condiciones operativas del sistema actual, registrando la dosificación realizada, el tiempo de operación, el caudal de ingreso y los valores de cloro residual en el reservorio y en los puntos seleccionados de la red de distribución.

Posteriormente, se efectuará la implementación y evaluación del sistema de cloración por succión Venturi, registrando las mismas variables en iguales condiciones de monitoreo, con el propósito de asegurar la comparabilidad entre ambos métodos. Las mediciones se efectuarán en los puntos establecidos en la investigación, utilizando los instrumentos definidos para tal fin y consignando los resultados en las fichas de registro elaboradas para el estudio.

Asimismo, durante cada jornada de evaluación se verificará la estabilidad del sistema, el estado de los componentes instalados y el cumplimiento de los parámetros operacionales previstos. La información recolectada será organizada de manera ordenada en cuadros de registro para su posterior tabulación, análisis estadístico e interpretación, permitiendo determinar el efecto del sistema de cloración por succión Venturi sobre los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable.

3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

3.5.1. Procesamiento de datos

El procesamiento de los datos se realizará a partir de los registros de cloro residual obtenidos durante el monitoreo del sistema de abastecimiento

de agua potable en la zona rural de Chuñuranra. La información será organizada, depurada y tabulada en Microsoft Excel, con la finalidad de estructurar una base de datos confiable para su posterior análisis.

Asimismo, se elaborarán gráficos de líneas que permitirán visualizar la variación temporal de los niveles de cloro residual en los diferentes puntos de muestreo de la red de distribución domiciliaria, así como en el reservorio, considerando ambos sistemas de cloración evaluados. En el caso del reservorio, se incluirán los registros correspondientes a los monitoreos realizados para cada sistema, integrándolos en la base de datos para su tratamiento conjunto.

Posteriormente, la base de datos será exportada y procesada en Python, mediante la plataforma Google Colaboratory, facilitando su manejo y preparación para el análisis estadístico.

3.5.2. Análisis de datos

El análisis de los datos se realizará mediante estadística descriptiva e inferencial. En la etapa descriptiva, se determinarán medidas como la media aritmética y la desviación estándar de los niveles de cloro residual para cada sistema de cloración, con la finalidad de describir su comportamiento general.

En la etapa inferencial, se realizará previamente una prueba de normalidad de los datos, para lo cual se establecerán las hipótesis estadísticas correspondientes, se definirá el nivel de significancia y se seleccionará la prueba estadística adecuada, además de fijar los criterios de decisión para la interpretación de los resultados. En caso de confirmarse la normalidad de los

datos, se aplicará la prueba t de Student para muestras independientes, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$, con el objetivo de evaluar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de cloro residual obtenidos con el sistema de cloración autocompensante y el sistema de cloración por succión Venturi.

Asimismo, la prueba de hipótesis se desarrollará considerando la formulación de las hipótesis nula y alternativa, la selección de la prueba estadística correspondiente, el nivel de significancia, los criterios de decisión y la interpretación de los resultados obtenidos.

Finalmente, los resultados serán contrastados con los valores establecidos en la normativa vigente de calidad de agua potable.

3.5.3. Presentación de resultados

Los resultados serán presentados mediante cuadros estadísticos y gráficos generados en Excel, lo que permitirá una comparación clara entre el sistema actual y el sistema con cloración por succión Venturi. Asimismo, se incluirán los resultados de las pruebas de hipótesis realizadas en SPSS, que aportarán evidencia estadística para sustentar la validez de las conclusiones de la investigación.

CAPITULO IV

ASPECTO ADMINISTRATIVO

4.1. Recurso Humano

Para llevar a cabo nuestro proyecto de investigación, contamos con el respaldo de un equipo humano comprometido y diverso. Nosotros, como tesistas, asumimos la responsabilidad principal en la planificación, ejecución y análisis del estudio. Contamos con la orientación académica de nuestro asesor, el Dr. Jorge Luis Huere Peña, quien nos acompaña en el desarrollo metodológico y científico del trabajo. Además, coordinamos con la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) de Chuñuranra, cuyos miembros —presidente, secretario y demás representantes— nos brindan apoyo comunitario y facilitan el acceso a la infraestructura local. También hemos solicitado la colaboración técnica del Ing. Jerson Castro Olarte, quien nos orientará en el diseño e instalación del sistema de cloración por succión Venturi, así como del Ing. Nilo Abelardo Enríquez Nateros, quien aportará su experiencia profesional para validar aspectos operativos del sistema. A lo largo del proceso, seguiremos incorporando el apoyo de otros especialistas y actores locales que contribuyan al desarrollo exitoso de la investigación, desde la instalación del sistema hasta la recolección de datos y la elaboración final de la tesis.

Tabla 7*Integrantes y funciones del potencial humano*

Actor	Cargo / Rol	Funciones principales	Dedicación estimada
David Caso Quispe (Tesisista)	Investigador	Planificación de campo; toma de muestras de cloro; registro de datos; apoyo en instalación; procesamiento inicial de datos; redacción de capítulos.	15–20 h/sem (fase de campo); 10–15 h/sem (análisis y redacción)
Diego Armando Jurado Capcha (Tesisista)	Investigador	Coordinación general del proyecto; protocolo de muestreo; gestión de permisos con JASS; análisis estadístico; redacción final y defensa.	20–25 h/sem (campo y coordinación); 15–20 h/sem (análisis y redacción)
Dr. Huere Peña (Asesor)	Asesor académico	Supervisión científica y metodológica; revisión de diseño y documentos; apoyo en interpretación de resultados y defensa; validación del informe final.	Reuniones quincenales + revisión de entregables (estimado 8–12 h/mes)
Presidente de la JASS	Responsable comunitario	Facilitación logística en el caserío; autorización de accesos; comunicación con usuarios; apoyo en mantenimiento menor y control social.	Variable (apoyo operativo durante la implementación)
JASS Chuñuranra	Gestión administrativa	Registro de actas, custodia de reactivos/insumos, coordinación para recargas de cloro, firma de validaciones y apoyo en bitácoras.	Soporte durante la fase de instalación y monitoreo
Ing. Nilo (consultor)	Ingeniero de operación	Revisión técnica, ajuste fino de dosificación, entrenamiento práctico a operadores JASS y verificación de parámetros operativos.	Consultoría + capacitación (1–2 jornadas)

Ing. Jerson (consultor)	Operación diaria	Recarga de tanque, registros diarios de cloro, notificación de incidencias, mantenimiento menor.	3–6 h/sem por operador (estimado)
Colaboradores externos (opcional)	Salud pública / municipalidad / laboratorio regional	Validación externa de mediciones, apoyo en capacitación, certificación de datos, asistencia en gestión de recursos.	Según necesidad; consultas puntuales
Dirección de Vivienda, Construcción y Saneamiento (DVCS) de Huancavelica	Proveedor de datos nacionales	Provisión y actualización de base de datos nacional al 2025 para contextualización del estudio; soporte en análisis comparativos a nivel macro.	Consultas puntuales y entrega de datos (DATASS)
Área Técnica de la Municipalidad	Coordinador técnico municipal	Supervisión local de intervenciones en la zona de la JASS; validación de accesos y cumplimiento normativo; asesoría en integración con planes municipales.	Según necesidad; jornadas puntuales en campo (2 visitas)

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Materiales y equipos

Para la ejecución del presente proyecto se requiere un conjunto de materiales, instrumentos y equipos que aseguren la instalación, operación y monitoreo del sistema de cloración por goteo autocompensante en la zona rural de Chuñuranra. A continuación, se detallan de manera general los principales recursos materiales y equipos necesarios:

4.2.1. Instrumentos de medición

- **Medidor digital de cloro libre:** se utilizará un comparador digital portátil de cloro libre, de rango bajo (0–2,5 mg/L), que permite evaluar con precisión los valores de cloro residual en la red de distribución. Este instrumento está basado en el método DPD aprobado por la EPA y constituye la herramienta principal para la verificación de la variable dependiente.
- **Fichas de registro de cloro residual:** se diseñarán fichas impresas para la recolección sistemática de los datos de campo
- **Libro de control de cloro residual:** se implementará un cuaderno de control, debidamente legalizado, que permitirá a la JASS llevar un registro oficial de las concentraciones de cloro residual a lo largo del tiempo, garantizando trazabilidad y transparencia.

4.2.2. Equipos y materiales de instalación

- **Sistema Venturi:** conjunto de accesorios hidráulicos necesarios para su instalación, que incluirá conectores, válvulas, adaptadores, tuberías de polietileno y demás piezas que permitan el correcto funcionamiento del sistema de cloración por succión Venturi.
- **Materiales complementarios:** herramientas menores para montaje (llaves, teflón, sellos, etc.) y elementos básicos de protección personal para la manipulación del cloro.

4.2.3. Software y herramientas informáticas

- **Google Earth:** utilizado para la georreferenciación del área de influencia como de la red de distribución de viviendas y la selección de puntos de muestreo (primera, intermedia y última vivienda, además del reservorio).
- **ArcGIS:** utilizado para la generación del mapa de ubicación y localización del área de estudio, facilitando la representación espacial del proyecto.
- **Microsoft Excel:** utilizado para la sistematización y análisis estadístico de los datos recolectados.
- **Revit:** para modelamiento del reservorio de la SAP y su sistema de cloración proyectado.

4.3. Cronograma de actividades

Tabla 8

Cronograma de duración del proyecto de tesis

Actividades	Año 2026				
	M	A	M	J	J
Planteamiento					
Elección del tema del proyecto y elaboración de la matriz de consistencia	x	x			
Elaboración del proyecto de tesis	x	x			
Presentación del proyecto de tesis		x			
Revisión del proyecto de tesis		x			
Aprobación del proyecto de tesis			x		
Ejecución					
Coordinación con la población		x	x	x	
Diagnóstico del sistema de cloración inicial	x				
Monitorio (recolección de datos)			x	x	
Trabajo de gabinete (procesamiento de datos)			x	x	
Análisis de los resultados del trabajo de campo			x	x	
Instalación del sistema de cloración por succión Venturi			x		
Recolección de Datos			x	x	
Procesamiento de datos			x	x	
Análisis e interpretación				x	
Informe final					
Elaboración de informe final				x	
Presentación de informe final					x

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Presupuesto

Tabla 9

Presupuesto del proyecto

N.º	Ítem	Descripción (breve)	Unidad	Cantidad	Costo unitario (S/)	Subtotal (S/)
1	Hipoclorito de calcio granulado (65-70%)	Insumo principal para la solución cloradora. Alta estabilidad.	kg	20	S/ 15.00	S/ 300.00
2	Compra de Colorímetro Portátil	Modelo Hanna HI701 (Cloro Libre) o similar. Incluye cubetas.	mes	1	S/ 500.00	S/ 500.00
3	Reactivos DPD	Polvo para medición de cloro libre. 100 tests por pack.	pack	1	S/ 110.00	S/ 110.00
4	Kit de Accesorios para Sistema Venturi	Incluye: inyector Venturi, válvula de retención, filtro "Y", conectores roscados (Tee, adaptadores), manguera PE 8mm, abrazaderas.	juego	1	S/ 350.00	S/ 350.00
5	Manómetros	Para medición de presión antes y después del Venturi. Rango 0-100 PSI.	unidad	2	S/ 50.00	S/ 100.00
6	Libro de Registro de Control de Cloro	Libro empastado, con columnas para fecha, cloro residual, dosis, observaciones.	unidad	1	S/ 35.00	S/ 35.00
7	Legalización del Libro de Registro	Gastos de legalización en notaría pública o municipalidad local.	trámite	1	S/ 15.00	S/ 15.00
8	Equipo de Protección Personal (EPP)	Guantes de nitrilo	unidad	25	S/ 1.00	S/ 25.00
		Mascarillas KN95	unidad	25	S/ 1.50	S/ 37.50
9	Materiales de Montaje y Sellado	Cinta de teflón, pegamento para PVC, sellador hidráulico, abrazaderas adicionales.	lote	1	S/ 80.00	S/ 80.00
10	Capacitación a la JASS	Taller de 1 jornada para operarios: materiales didácticos, refrigerios y certificados.	jornada	1	S/ 50.00	S/ 50.00
11	Gastos Administrativos y varios	Fotocopias, impresiones, comunicaciones (recargas de celular), baterías para equipos.	lote	1	S/ 100.00	S/ 100.00

SUBTOTAL	S/ 1,702.50
CONTINGENCIA (10%)	S/ 140.25
TOTAL GENERAL (S/)	S/ 1,842.75

Fuente: Elaboración propia.

4.5. Financiamiento

Nosotros, como tesistas, asumiremos directamente el financiamiento total de esta investigación. Todos los gastos vinculados a materiales, insumos, alquiler de equipos, transporte y actividades complementarias serán cubiertos con nuestros propios recursos, garantizando así la ejecución del estudio en los plazos establecidos.

Referencias

- Ayala, Z., & Sáenz, A. (2023). *Sistema autónomo remoto de cloración para mejorar la calidad del agua en redes de distribución de zonas rurales del distrito de Daniel Hernández*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Benítez, D. (2021). *Sistema de cloración automático para la junta administradora de agua potable regional oriental mulaló-joseguango bajo-aláquez*. Universidad Técnica de Ambato.
- BossTech. (2023). *¿Qué es un inyector Venturi?*
- Boza, D., & Espinoza, A. (2024). *Eficiencia del sistema de cloración autocompensado en el sistema de abastecimiento de agua del distrito de Mollepampa, provincia de Castrovirreyna- Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- Calle, A., & Palacios, G. (2018). *1565 sistemas de agua en Huancavelica presentan deficiencias en el proceso de cloración*.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/47059>
- Cardenas, O. (2024). *Diseño e instalación de sistema de cloración autocompensante en la desinfección de agua para consumo humano en el centro poblado Arizona, Vinchos, Ayacucho*. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2023). *La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la*

sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75), 140–174.
<https://doi.org/10.14483/22487638.19171>

CEPIS. (2011). Plantas de filtración rápida. En *Tratamiento de Agua para Consumo Humano* (pp. 1–313).

Chuquitucto, J. (2022). *Eficiencia de la cloración del agua potable, usando hipoclorador flujo difusión y cloración por goteo en el sistema de agua potable de sapúc-zarza, distrito de asunción – cajamarca 2022*.

Cooperación Alemana, implementada por la D., & Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. (2017). *Manual para la Cloración del Agua en Sistemas de Abastecimiento de Agua Potable en el Ámbito Rural* (Nilsson Fustamante & Programa PROAGUA, Eds.; pp. 1–91).
<http://www.buenagobernanza.org.pe/>

Cruz, R., Arévalo, H., Chamorro, F., & Fernández, F. (2005). Efecto del uso de un método artesanal para el tratamiento de agua en comunidades rurales de la región San Martín, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*, 22(2), 117–122.
http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342005000200006&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Defensoría del Pueblo. (2021). *1565 sistemas de agua en Huancavelica presentan deficiencias en el proceso de cloración*.
<https://www.defensoria.gob.pe/defensoria-del-pueblo-1565-sistemas-de-agua-en-huancavelica-presentan-deficiencias-en-el-proceso-de-cloracion/>

- DIGESA. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano* (1a ed.).
- Dueñas, R. (2024). *Evaluación técnica y económica de un sistema de cloración utilizando un inyector venturi respecto a otros sistemas convencionales* [Universidad Andina del Cusco]. <https://orcid.org/0000-0001-6139-0960>
- Fernandez, J., & Huayllani, D. (2022). *Cloro residual por el método colorimétrico en el centro poblado de antacocha – huancavelica 2022*. Universidad Nacional de Huancavelica.
- GRUNDFOS. (2014, octubre 7). *¿Qué es la cavitación?* Obtenido de <https://www.grundfos.com/mx/support/faq/what-is-cavitation>
- Helen, J., & Angly, M. (2025). *Influencia de un sistema de cloración por goteo autocompensante en los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Nogales, distrito de Colcabamba, provincia Tayacaja, Huancavelica*. Universidad Continental.
- Hernández, O. (2021). Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3), 1–3. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Hernández, R. (2024, diciembre 17). *¿Qué es el Sistema Venturi?* <https://hydroenv.com.mx/id427/>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.

- Huamantupa, S. (2024). *Evaluación de la sostenibilidad del sistema de abastecimiento de agua potable en el centro poblado Chuquimaran, departamento de Huancavelica*. Universidad San Ignacio de Loyola.
- Jara, L. (2023). *Evaluación de eficiencias de los métodos de desinfección de agua potable doble tanque y venturi mediante modelado y simulación de cloro residual en la red de distribución de jass tankarpata - 2022*. Universidad Nacional de San Antonio de Abad.
- Jesús, R. (2021). *Eficiencia del sistema de cloración por goteo para el mejoramiento de la calidad del agua de consumo humano en el distrito de colcabamba*. Universidad Peruana los Andes.
- Landeo, A. (2018). *Relación de los métodos por goteo y la eficacia del cloro residual en la instalación de sistemas de cloración en zonas rurales*. Universidad Nacional de Huancavelica.
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1698>
- Lenntech. (2017). *Venturi Principio*. <https://www.lenntech.es/venturi.htm>
- Lucich, I., & Málaga, M. (2021). *Acelerando los resultados de la calidad de agua potable en zonas rurales: propuesta de mejora de intervención del fondo de estímulo de desempeño y logros sociales*. Pontificia Universidad Católica del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12404/19313>
- Mazzei. (2024). *Inyectores Venturi*. <https://mazzei.net/productos/inyectores-venturi/>

- MINSA. (2023, agosto 10). *Desinfección de sistemas, caracterización de fuentes de agua y cloración del agua para consumo humano*.
<https://es.slideshare.net/slideshow/cloracion-aguapdf/262015200>
- Mott, R. L., & Untener, J. A. (2015). *Mecánica de fluidos* (B. Gutiérrez, Ed.; Séptima). Pearson Educación.
- Netafim. (2018). *Selección de un Sistema de Dosificación*.
- OMS. (2023, septiembre 13). *Agua para consumo humano*. Agua para consumo humano. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- OPS, & COSUDE. (2007). *GUÍA PARA LA SELECCIÓN DE SISTEMA DE DESINFECCIÓN*.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/OPS-COSUDE%202007.%20Gu%C3%ADa%20selecci%C3%B3n%20del%20sistema%20desinfecci%C3%B3n.pdf
- Organización Mundial de la Salud. (2017). *Directrices para la calidad del agua potable*. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950>
- Paredes, B. (2022). *Efectos de los sistemas de cloración por goteo en la concentración de cloro residual del agua potable en zonas rurales*. Universidad Peruana Los Andes.
- Powers, J. E., McMurry, C., Gannon, S., Drolet, A., Oremo, J., Klein, L., Crider, Y., Davis, J., Pickering, A., & Pickering, A. J. (2021). Design, performance,

and demand for a novel in-line chlorine doser to increase safe water access. *npj Clean Water*, 4(1).

Priori, J. (2021). *Modelamiento hidráulico y de la calidad del agua en un sistema de suministro de agua potable en una zona rural del cantón azogues*. Universidad de Cuenca.

PROAGUA Ingenieros S.A.C. (2024). *Equipo de Cloración por Inyección Venturi*. <https://proaguaingenieros.com/productos/equipos-y-tecnologias-de-sistemas-de-cloracion/equipo-de-cloracion-por-inyeccion-venturi/>

Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Rodriguez, D. (2024). Optimización del sistema de cloración por goteo de carga constante de doble recipiente en el abastecimiento de agua potable del Centro Poblado de Lucmapampa distrito de San Pedro de Pillao 2022. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/5246>

Santana, G., & Fonseca, A. (2022). Estudo de caso da instalação de cloradores de pastilha modelo EMATER, no bairro rural Pessegueiro, Itajubá-MG. *Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social (ENEDS)*.

SUNASS. (2022). *EL BUEN DATO SUNASS* (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, Ed.; Primera).

SUNASS. (2024, agosto 22). *4.6 millones de pobladores de zonas rurales consumen agua con niveles inadecuados de cloro*. 4.6 millones de

pobladores de zonas rurales consumen agua con niveles inadecuados de cloro. <https://www.gob.pe/institucion/sunass/noticias/1008128-4-6-millones-de-pobladores-de-zonas-rurales-consumen-agua-con-niveles-inadecuados-de-cloro>

SWISSAIS, & PROTOS. (2024). *GUÍA DE DESINFECCIÓN DEL AGUA MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL CLORO EN LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE RURALES*. https://protosandes.net/wp-content/uploads/2024/09/Libro_guia-de-cloracion-2_compressed.pdf#:~:text=Cloro%20residual%2C%20es%20el%20cloro,que%20proliferan%20en%20el%20interior

Unidad Técnica para la Mejora de la Prestación de Servicios del Programa Nacional de Saneamiento Rural. (2022). *GUÍA PARA EL CUMPLIMIENTO DE LA META 5*. Ministerio de Vivienda. https://www.mef.gob.pe/contenidos/presu_publ/migl/met/guia_meta5_2022.pdf

Unilabs. (2022, julio 2). *Patógeno*. Obtenido de <https://www.unilabs.es/glosario/patogeno>

Velit, R. (2022). *Implementación de un sistema de cloración por goteo optimizado para sistemas de agua potable de poblaciones rurales*. Universidad Peruana los Andes.

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026?</p> <p>Problema específico</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026? - ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026? - ¿Cuál es el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026? 	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026</p> <p>Objetivo específico</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026 - Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026. - Determinar el efecto de un sistema de cloración por succión Venturi en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026 	<p>Hipótesis general</p> <p>Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en los parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026</p> <p>Hipótesis específica</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el nivel de cloro residual del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026 - Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el tiempo de cloración en el abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026 - Un sistema de cloración por succión Venturi tiene un efecto significativo en el costo de operación del abastecimiento de agua potable en la zona rural de Chuñuranra, Huancavelica — 2026 	<p>Variable independiente (X):</p> <p>Sistema de cloración por succión Venturi</p> <p>Variable dependiente (Y):</p> <p>Parámetros operacionales del abastecimiento de agua potable</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nivel de cloro residual - Tiempo de cloración - Costo de operación 	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Método de investigación: Científico</p> <p>Diseño: no experimental – Transeccional – Descriptivo</p> <p>Dónde: S.E. → O1 → X → O2</p> <p>S.E: es sistema experimental</p> <p>O1: observación uno antes de instalar el Venturi</p> <p>X: es la variable independiente</p> <p>O2: observación dos después de instalar el Venturi</p> <p>Población y Muestra:</p> <p>-Población: Agua de consumo humano distribuida en el sistema de abastecimiento de una zona rural.</p> <p>-Muestra</p> <p>La muestra está conformada por 98 muestras de agua clorada tomas en el reservorio y en la red de distribución de Chuñuranra.</p> <p>Tipo de muestreo</p> <p>La muestra, de la cual se extraerá los datos para su posterior tratamiento será No Probabilística y el tipo de muestreo es Intencionado.</p>

Anexo 2: Propuesta de instrumento

Consejos para una medición exacta

- Es importante que la muestra no contenga neblina.
- Siempre que la celda se coloque en el depósito para su medición, debe estar seca por fuera, completamente libre de huellas digitales, aceite y suciedad. Limpie la celda profundamente con el HI731318 o con un paño libre de pelusas antes de la inserción.
- Cuando se agita la celda se pueden generar burbujas, provocando lecturas más altas. Para obtener lecturas exactas, retire las burbujas agitando, o golpee ligeramente la celda.
- No deje la muestra reaccionada en la celda por mucho tiempo, ya que la exactitud se verá afectada.
- Después de la lectura es importante deshechar inmediatamente la muestra, de otra manera el vidrio puede mancharse permanentemente.



Manejo de la batería

Para guardar batería, el instrumento se apaga después de 10 minutos de inactividad. Una batería nueva dura por lo menos 5000 mediciones. Cuando la batería se agote el instrumento muestra el mensaje "bAt" seguido de "bAt" durante un segundo y después se apaga. Para reiniciar el medidor, la batería debe reemplazarse por una nueva.

Para reemplazar la batería:

- Apague el instrumento manteniendo presionado el botón.
- Ponga el instrumento al revés y retire la cubierta de la batería con el desamador.



- Quite la batería de su lugar y reemplácela con una nueva, colocando el lado negativo primero.
- Coloque la cubierta de la batería y vuelva a colocar el tornillo con el desamador.

Recomendaciones a los usuarios

Antes de utilizar este producto, asegúrese de que sea completamente compatible con su aplicación en específico y para las condiciones ambientales en las que se usa.

La operación del instrumento puede provocar interferencias incompatibles a otros equipos electrónicos, requiriendo así que el operador tome todos los medios necesarios para corregir las interferencias. Cualquier variación introducida por el usuario al instrumento puede disminuir su desempeño EMC. Para evitar daños o quemaduras, no coloque el instrumento en el microondas. Para la seguridad de usted y su instrumento no use o almacene en condiciones ambientales adversas.

Accesorios

Conjunto de reactivos

HI701-25	Conjunto de reactivos para 25 pruebas de cloro libre
Otros accesorios	
HI701-11	Conjunto de estándares certificados de cloro libre
HI731225	Tapa negra para celda de Checker HC (4 piezas)
HI731318	Paño para limpiar las celdas (4 piezas)
HI731321	Celdas de vidrio con tapón (4 piezas)
HI740028P	Batería de 1.5V (12 piezas)
HI93703-50	Solución de limpieza para celdas (230 mL)

Garantía

El HI701 está garantizado por un periodo de 6 meses después de la fecha de compra contra defectos de fabricación y materiales cuando se utiliza con el propósito para el que fue diseñado. Esta garantía está limitada al reemplazo o reparación libre de costo. Los daños provocados por accidentes, mal uso o falta del mantenimiento prescrito no están cubiertos por la garantía. Si se encuentra bajo garantía, reporte el modelo, fecha de compra, número de serie y la naturaleza del problema. Si el daño no es cubierto por la garantía, se le notificará el costo de la reparación.

MANUAL DE INSTRUCCIONES

HI701
Cloro libre



HANNA
instruments

Gracias

Gracias por elegir un producto de Hanna Instruments. Por favor lea este manual de instrucciones cuidadosamente antes de utilizar el instrumento. Para más información visite nuestro sitio web: www.hannainst.com.mx. Si requiere información técnica adicional no dude en enviarnos un correo electrónico a mkflogistica@hannainst.com.mx.

Revisión preliminar

Por favor, revise este producto cuidadosamente. Asegúrese de que el instrumento no se encuentre dañado. Si algún daño ocurrió durante el empaque, por favor notifíquelo a su proveedor. Cada HI701 se suministra con:

- Dos celdas para muestra con tapas
- Reactivos para 6 pruebas
- Una batería AAA de 1.5V
- Manual de instrucciones y Guía rápida

Especificaciones

Intervalo	0.00 a 2.50 ppm
Resolución	0.01 ppm
Exactitud	±0.03 ppm ±3% de la lectura @ 25 °C / 77 °F
Fuente de luz	Diodo emisor de luz @ 525 nm
Detector de luz	Fotocelda de silicio
Método	Adaptación del método USEPA 330.5. La reacción entre el cloro libre y el reactivo DPD provoca una coloración rosa en la muestra
Condiciones ambientales	0 a 50 °C (32 a 122 °F); HR máxima 95% no condensante
Tipo de batería	Una batería AAA de 1.5V
Apagado automático	Después de 2 minutos de inactividad
Dimensiones	86 * 61 * 37.5 mm (3.378 * 2.4 * 1.5")
Peso	52 g (2.25 oz.)

Descripción funcional



Errores y advertencias

- Luz alta:** Hay mucha luz para realizar la medición. Por favor, revise la preparación de la celda de cero.
- Luz baja:** No hay suficiente luz para hacer una medición. Por favor, revise la preparación de la celda de cero.
- Celdas invertidas:** La muestra y la celda de cero están invertidas.
- Bajo el intervalo:** Un "0.00" parpadeando indica que la muestra absorbe menos luz que el cero. Revise el procedimiento y asegúrese de que use la misma celda para la referencia (cero) y la medición.
- Sobre el intervalo:** El valor de la concentración máxima parpadeando indica que la lectura se encuentra sobre el intervalo. Diluya la muestra y vuelva a realizar la prueba.
- Batería baja:** La batería debe reemplazarse pronto.
- Batería agotada:** Esto significa que la batería se ha agotado y debe reemplazarse. Una vez que este mensaje se muestra en pantalla, se interrumpirá la operación normal del instrumento. Cambie la batería y reinicie el medidor.

Procedimiento de medición

- Encienda el medidor presionando el botón. Se mostrarán todos los segmentos de la pantalla. Cuando la pantalla muestre "Add", "C1" con "Press" parpadeando, el medidor está listo.
- Llene la celda con 10 ml de muestra sin burbujas y coloque la tapa. Coloque la celda en el medidor y cierre la cubierta.
- Presione el botón. Cuando la pantalla muestre "Add", "C2" con "Press" parpadeando, el medidor está en cero.
- Retire la celda del medidor y quite la tapa. Agregue el contenido de un paquete de reactivo HI701-0. Vuelva a colocar la tapa y agite gentilmente durante 20 segundos. Vuelva a colocar la celda en el medidor.
- Mantenga presionado el botón hasta que el temporizador se muestre en pantalla (el instrumento mostrará la cuenta regresiva antes de realizar la medición), o alternativamente, espere durante un minuto y presione el botón.
- El instrumento muestra directamente la lectura de concentración de cloro libre en ppm. El medidor se apaga automáticamente después de 2 minutos.

Hanna Instruments se reserva el derecho a modificar el diseño, construcción o apariencia de sus productos sin previo aviso.

Anexo 3: Formato de reporte de control de cloro residual

FORMATO DE REPORTE DE CONTROL DE CLORO RESIDUAL

 PERÚ Ministerio de Salud								
FORMATO DE MONITOREO DE PARAMETRO DE CLORO RESIDUAL								
I. UBICACIÓN								
Localidad / Anexo: _____	Fecha _____ / _____ / 2022							
Distrito _____	Provincia _____ Departamento _____							
Establecimiento de Salud _____								
II. SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO								
a) Administrador del sistema de abastecimiento de agua								
Municipalidad _____ <small>(a notar el nombre)</small>	JASS _____ <small>(a notar el nombre)</small>							
b) Tipo de Sistema de Abastecimiento de agua ¹								
<small>1. Tipo de Sistema: 1) Gravedad simple, 2) Gravedad con Tratamiento, 3) Bombeo sin tratamiento, 4) Bombeo con tratamiento</small>								
III. MEDICIÓN DEL CLORO RESIDUAL EN EL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO								
3.1 Planta de Tratamiento de agua potable / Reservorio								
Nº	Punto de toma de la muestra ³	Coordenadas UTM ⁴		Fecha Muestreo	Hora de Muestreo	Cloro Residual (ppm)		
		Norte	Este			< 0.5 ppm	>= 0.5 ppm	
1	Salida de PTAP							
2	Reservorio - 1							
3	Reservorio - 2							
4	Reservorio - 3							
5								
3.2 Red de Distribución								
Nº	Ubicación del punto de muestreo ²	Punto de toma de la muestra ³	Dirección	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Cloro Residual (ppm)		Firma del usuario
						< 0.5 ppm	>= 0.5 ppm	
1	Red	grifo/viv.(1era viv)						
2	Red	grifo/viv.(viv. intermedia)						
3	Red	grifo/viv.(última viv)						
4								
1. Tipos de Sistema:		1) Gravedad simple, 2) Gravedad con tratamiento, 3) Bombeo sin tratamiento, 4) Bombeo con tratamiento						
2. Ubicación de puntos de muestreo:		1) Planta de tratamiento, 2) Reservorio, 3) Pozo, 4) Red						
3. Punto de toma:		1) Salida de la planta (STP), 2) Reservorio, 3) Pozo, 4) grifo / vivienda, 5) Pileta pública Como mínimo tres puntos de monitoreo						
4. Coordenadas UTM:		Opcional						
IV. OBSERVACIONES								
1.-								
2.-								
3.-								
Jefe del Establecimiento de Salud		_____						
		(firma)						
Técnico en Salud Ambiental del EESS:		_____						
		(firma)						
Responsable del Área Técnica Municipal		_____						
		(firma)						

**SOLICITO: DESIGNACIÓN DE ASESOR Y
APROBACION DEL PROYECTO DE TESIS**

**SR. DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL Y
SANITARIA**

Nosotros, **DAVID CASO QUISPE**, identificado con DNI:**71106703** Código: **2019161007** y **DIEGO ARMANDO JURADO CAPCHA**, identificado con DNI: **77204797** Código: **2021161014**, cursando el **X ciclo** de la escuela profesional de ingeniería ambiental y sanitaria, domiciliado en Jr. Puno S/N Santa Bárbara y Av. Los Incas 823 Barrio Santa Ana en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica respectivamente, con números de celular **929562101** y **912904262**, Ante Uds., me presento con el debido respeto y expongo:

Que, con el propósito de garantizar la correcta orientación y seguimiento de nuestra tesis titulado "**Sistema de Cloración por Succión Venturi y Parámetros Operacionales de Abastecimiento de Agua Potable en una Zona Rural**", solicitamos formalmente la designación de un asesor académico que nos acompañe y brinde la orientación necesaria para el desarrollo exitoso del mismo. Consideramos que la guía de un docente con experiencia en nuestro tema de investigación es fundamental para asegurar la rigurosidad, pertinencia y calidad de nuestra investigación.

En este sentido, nos permitimos sugerir como asesor al **Dr. Jorge Luis, HUERE PEÑA**, quien posee la experiencia y conocimientos necesarios para guiarnos adecuadamente en nuestro proyecto. Estamos convencidos de que su orientación contribuirá significativamente a nuestro aprendizaje y al cumplimiento de los objetivos de la investigación dentro de la Escuela de Ingeniería Ambiental y sanitaria.

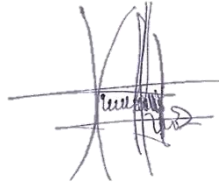
POR LO EXPUESTO

A Ud. Sr. director de la escuela profesional de ingeniería ambiental y sanitaria, rogamos acceder a nuestro pedido por ser de justicia que espero alcanzar.

Huancavelica, 26 de septiembre del 2025

Anexos

- Proyecto de investigación
- Copias de DNI



CASO QUISPE, DAVID

DNI: 71106703

CÓDIGO: 2019161007



JURADO CAPCHA, DIEGO ARMANDO

DNI:77204797

CÓDIGO: 2021161014

