

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EL CALVARIO DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

BACHILLER: Orgio Edson Chota Rodríguez

ASESOR: MCs. Gaspar Méndez Cruz

Cajamarca - Perú

Diciembre - 2014

AGRADECIMIENTO

Especialmente, con todo mi cariño y mi agradecimiento, a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca y a la Escuela Académico profesional de Ingeniería Civil, por haber contribuido a mi formación académica y profesional y a mi superación intelectual y emocional.

Al MCS. Ing. Gaspar Méndez Cruz, en agradecimiento a la valiosa orientación y al apoyo académico que me brindó en la realización del presente trabajo.

Al MCS. Ing. Francisco Huamán Vidaurre, también en agradecimiento al apoyo académico y a la valiosa orientación que me proporcionó.

A los ingenieros que conforman la comisión del Programa De Actualización Profesional De La Escuela Académico Profesional De Ingeniería Civil – 2014, por contribuir a mi superación personal.

DEDICATORIA

A Dios, por no haberme dejado nunca solo y por permitirme la realización de una etapa más en mi vida profesional y en mi existencia material.

A mis padres por haberme dado la oportunidad de estudiar.

A mi esposa por haber correspondido a mi amor.

A mis hermanos y amigos.

A mis profesores y compañeros.

A las instituciones académicas que me formaron.

A las empresas en las que he trabajado.

Al Agua.

A la Ingeniería Civil.

A la Hidráulica.

A las Obras Hidráulicas.

A las Plantas de Tratamiento de Agua Potable.

CONTENIDO

RESÚMEN	1
PALABRAS CLAVE.....	1
ABSTRACT	2
KEY WORDS	2
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. Interrogante Principal.....	4
1.2.2. Hipótesis	4
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. ALCANCE O DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.5. OBJETIVOS.....	5
1.6. DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO DE LOS CAPÍTULOS	6
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1. Factores o dimensiones de la sostenibilidad.....	10
2.2.1.1. Estado de la Infraestructura Sanitaria:.....	10
2.2.1.2. Operación y mantenimiento:.....	11
2.2.1.3. Gestión Administrativa:.....	11
CUADRO DE REFERENCIA PARA LOS PUNTAJES.....	12
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	12
2.3.1. Sostenibilidad:.....	12
2.3.2. Sistema sostenible:.....	12
2.3.3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA	13
2.3.3.1. Turbiedad	13
2.3.3.2. Color.....	13
2.3.3.2.1. Color Aparente	13
2.3.3.2.2. Color Real	13
2.3.3.3. Sabor y olor.....	13
2.3.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DEL AGUA.....	13
2.3.4.1. pH.....	14
2.3.4.2. Conductividad	14
2.3.4.3. Dureza	14
2.3.5. PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS.....	14
2.3.5.1. Escherichia Coli.....	14
2.3.5.2. La Giardia.....	15
2.3.5.3. Cryptosporidium.....	15
2.3.6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE (PTAP).....	15
2.3.6.1. Coagulación (Mezcla Rápida).....	16
2.3.6.1.1. Coagulantes metálicos.....	17
2.3.6.1.1.1. Sulfato de Aluminio.....	18
2.3.6.1.1.2. Aluminato Sódico.....	18
2.3.6.1.1.3. Sulfato Férrico.....	18

2.3.6.1.1.4.	Sulfato Ferroso.....	18
2.3.6.1.1.5.	Cloruro Férrico	18
2.3.6.1.1.6.	Carbonato de magnesio	19
2.3.6.1.2.	Polielectrolitos.....	19
2.3.6.1.3.	Ensayo de Jarras	20
2.3.6.1.4.	Mezcladores Rápidos Mecánicos	21
2.3.6.1.5.	Mezcladores Rápidos Hidráulicos	21
2.3.6.2.	Floculación (Mezcal lenta)	24
2.3.6.2.1.	Floculadores de Contacto	25
2.3.6.2.2.	Floculadores de Potencia	25
2.3.6.2.2.1.	Floculadores de tabiques.....	26
2.3.6.2.2.2.	Floculadores de medios porosos	26
2.3.6.2.2.3.	Floculadores mecánicos	26
2.3.6.3.	Sedimentación	26
2.3.6.4.	Filtración	27
2.3.6.4.1.	Filtración Rápida	27
2.3.6.4.2.	Filtración lenta	28
2.3.6.5.	Desinfección	28
2.3.6.5.1.	Cloración	29
2.3.6.5.2.	Yodo.....	29
2.3.6.5.3.	Bromo.....	29
2.3.6.5.4.	Plata	30
2.3.6.5.5.	Radiación Ultravioleta.....	30
2.3.6.5.6.	Ozono	30
2.3.7.	COSTOS DEL SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN.....	30
2.3.7.1.	Gastos de Administración	30
2.3.7.2.	Gastos de Operación y Mantenimiento	31
2.3.7.3.	Costos de Inversión	31
2.4.	MARCO LEGAL	31
2.4.1.	Reglamento de la calidad de agua para consumo Humano	31
2.4.1.1.	Normatividad.....	32
2.4.1.1.1.	Características Físicas	32
2.4.1.1.2.	Conductividad	32
2.4.1.1.3.	Potencial de Hidrógeno (pH).....	33
2.4.1.1.4.	Características Químicas	33
2.4.1.1.5.	Características Microbiológicas	35

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS..... 36

3.1.	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	36
3.2.	TIEMPO	36
3.3.	METODOLOGÍA.....	36
3.4.	POBLACIÓN EN ESTUDIO:	36
3.4.1.	Muestra.....	37
3.4.1.1.	Tamaño Muestral.....	37
3.5.	PROCEDIMIENTO.....	37
3.5.1.	Reconocimiento, descripción del sistema.....	37
3.5.1.1.	Descripción de la Planta de tratamiento de agua Potable para consumo Humano para la ciudad de San Marcos – PTAP El Calvario.	37
3.5.1.1.1.	Normas de diseño	38

3.5.1.1.2.	Población.....	39
3.5.1.1.3.	Demanda de Agua Para consumo humano	40
3.5.1.1.4.	Capacidad de tratamiento.....	41
3.5.1.1.5.	Procesos de tratamiento	42
A.	CASA DE QUÍMICOS	43
•	Sala de dosificación	43
•	Almacén	44
B.	ÁREA ADMINISTRATIVA.....	44
•	Oficina	44
•	Laboratorio.....	44
C.	PROVISIÓN DE AGUA Y CONTROL.....	45
•	Canal de alimentación	45
•	Aliviadero	46
D.	MEZCLA RÁPIDA.....	46
E.	FLOCULADOR	47
F.	CANAL DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA FLOCULADA	49
G.	SEDIMENTADORES LAMINARES DE PLACAS	49
•	Canal central de distribución de agua floculada.....	50
•	Zona de sedimentación	51
•	Sistema de recolección de agua decantada.....	52
•	Sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de lodos	52
H.	BATERÍA DE FILTROS RÁPIDOS.....	53
I.	CASETA DE CLORACIÓN	58
J.	CÁMARA DE CONTACTO.....	59
3.5.2.	Aplicación del formato para el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (Adaptado de PROPILAS)	61
3.5.3.	INDICADORES PROPUESTOS PARA ELABORACIÓN DEL DIAGNOSTICO..	78

CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS 84

4.1.	PRESENTACION DE RESULTADOS	84
4.1.1.	CARACTERIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE. .84	
4.1.1.1.	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA.....	85
A.	Cobertura Del Servicio Actual	85
B.	Continuidad Del Servicio actual	85
C.	Calidad Del Agua	85
D.	Año De Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.	86
E.	Tipo De Sistema De Abastecimiento.....	86
4.1.1.2.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	87
A.	Capacitación	87
B.	Mantenimiento, Desinfección Y Cloración.....	87
C.	Personal Que Realiza El Mantenimiento.....	87
4.1.1.3.	GESTIÓN ADMINISTRATIVA	87
A.	Pago Por El Servicio De Agua Potable.....	87
B.	Nuevas Inversiones En La PTAP	87
C.	Cambio De Directivos.....	88
D.	Reuniones De La Junta Directiva Con Los Usuarios.....	88
4.1.2.	Resultado de la evaluación de los factores de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, PTAP - El Calvario	93
4.1.2.1.	Estado de la Infraestructura Sanitaria	93

4.1.2.1.1. Cobertura del servicio Actual.....	93
4.1.2.1.2. Continuidad Del Servicio actual	93
4.1.2.1.3. Calidad Del Agua	93
4.1.2.1.4. Estado de la infraestructura sanitaria.....	94
4.1.1.2. Operación Y Mantenimiento.....	95
4.1.1.2.1. Capacitación	95
4.1.1.2.2. Mantenimiento, Desinfección Y Cloración.....	95
4.1.1.2.3. Personal Que Realiza El Mantenimiento.....	95
4.1.1.3. Gestión Administrativa	96
4.1.1.3.1. Pago Por El Servicio De Agua Potable.....	96
4.1.1.3.2. Nuevas Inversiones En La PTAP	96
4.1.1.3.3. Cambio De Directivos.....	96
4.1.1.3.4. Reuniones De La Junta Directiva Con Los Usuarios.....	97
4.2. ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE SAN MARCOS, PTAP – EL CALVARIO	98
4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	98
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
5.1. CONCLUSIONES	99
5.2. RECOMENDACIONES.....	100
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
ANEXO I.....	105
PANEL FOTOGRAFICO	105
ANEXO II.....	109
FORMATO APLICADO A LA EVALUACION DE LA PTAP.....	109
ANEXO III	126
ENCUESTA APLICADO A LOS USUARIOS.....	126
ANEXO IV.....	127
RESULTADO DE LA ENCUESTA APLICADO A LOS USUARIOS.....	127
ANEXO V.....	128
MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	128
ANEXO VI.....	129
PLANOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO EL CALVARIO DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS.....	129
ANEXO VII.....	137
TEORIA DEL MUESTREO NO PROBABILÍSTICO.....	137
TIPOS DE MUESTREO NO PROBABILÍSTICO	137
Muestreo por conveniencia	137
Muestreo consecutivo	137
Muestreo por cuotas	138
Muestreo discrecional	138
Muestreo de bola de nieve	138
CUÁNDO UTILIZAR EL MUESTREO NO PROBABILÍSTICO	138

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro Para La Calificación De La Sostenibilidad De Un Sistema	4
Tabla 2: Polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes.....	20
Tabla 3: Características físicas Límites Máximos Permisibles	32
Tabla 4: Límite Máximo Permisible de Conductividad.....	32
Tabla 5: Límite Máximo pH	33
Tabla 6: Características Químicas Valores Máximos Aceptables	34
Tabla 7: Límites Máximos Permisibles De Parámetros Microbiológicos Y Parasitológicos.....	35
Tabla 8: Metodología de la investigación	36
Tabla 9: Cobertura de la Población	40
Tabla 10: Demanda de agua para consumo humano	41
Tabla 11: Capacidad de la planta de tratamiento de Agua Potable	42
Tabla 12: Características de canal de mezcla rápida.....	47
Tabla 13: Características de los floculadores	48
Tabla 14: Variación de los parámetros operacionales de la planta de acuerdo al caudal	54
Tabla 15: Especificaciones del medio filtrante.....	56
Tabla 16: Volumen adicional de agua para lavado de filtros.....	56
Tabla 17: Especificaciones de la capa de soporte de grava para viguetas prefabricadas	57
Tabla 18: Variables, indicadores, índices utilizados para determinar la sostenibilidad de la planta de tratamiento de agua potable.	78
Tabla 19: Cobertura del servicio actual	85
Tabla 20: Continuidad del servicio actual.....	85
Tabla 21: parámetros análisis de parámetros físicos microbiológicos.....	86
Tabla 22: Resultado De Los Puntajes De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Evaluada.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema PTAP el Calvario.	17
Figura 2: Visualización del Ensayo de Jarras	22
Figura 3: Mezclador rápido mecánico	23
Figura 4: Mezclador rápido hidráulico (Canal de mezcla rápida, PTAP – El Calvario) .	24
Figura 5: Distribución de la Planta de Tratamiento de Agua Potable – El Calvario.....	39
Figura 6: Distribución de Casa de químicos y área administrativa de PTAP.	45
Figura 7: Esquema del canal de alimentación y mezcla rápida PTAP – El calvario.....	46
Figura 8: Esquema de distribución de los floculadores – PTAP El Calvario.....	48
Figura 9: Esquema del canal de distribución de agua floculada – PTAP El Calvario ...	49
Figura 10: Esquema de distribución de decantadores, canal de recolección de agua decantada – PTAP El Calvario.....	50
Figura 11: Corte A de Decantadores – PTAP El Calvario	52
Figura 12: Corte B de Decantadores – PTAP El Calvario	53
Figura 13: Esquema de Distribución de Batería de filtros rápidos, PTAP El Calvario. .	55
Figura 14: Esquema de Filtro rápido, PTAP – El Calvario.....	57
Figura 15: Esquema de distribución de Cámara de contacto de cloro y caseta de cloración, PTAP – El Calvario.	59
Figura 16: Corte (Elevación) de Cámara de contacto de cloro y caseta de cloración, PTAP – El Calvario.	60
Figura 17: Estado de la infraestructura sanitaria de la PTAP evaluada.....	94
Figura 18: Operación y Mantenimiento de la PTAP evaluada.	96
Figura 19: Gestión administrativa de la PTAP evaluada.....	97

RESÚMEN

En este estudio, se calificó el nivel de servicio y el desempeño de la Planta de tratamiento de agua potable El calvario de la ciudad de San Marcos, cuyo sistema es atendido por la municipalidad provincial de San Marcos, la planta de tratamiento consta de: casa de químicos, área administrativa, mezclador hidráulico tipo rampa, floculador hidráulico de pantallas de flujo horizontal, canal de recolección y distribución de agua floculada, decantadores dobles de placas paralelas, filtros rápidos de autolavado, sala de cloración, tanque de contacto de cloro, y cámara de bombeo de lavado de filtros. Para calificar este sistema se desarrolló un conjunto de indicadores los cuales usan calificaciones ordinales; los indicadores se derivan de exigencias normativas y legales, de conjuntos de indicadores existentes en el país; el conjunto de indicadores desarrollado en el marco del presente estudio permite analizar tanto las necesidades de apoyo genéricas en una Planta de Tratamiento de Agua Potable, como detectar deficiencias o potencialidades específicas del prestador del servicio. El uso de estos indicadores y su mejoramiento implicarían que los municipios apliquen este tipo de instrumentos en su trabajo para medir la eficacia de sus servicios, de acuerdo con los resultados. Se encontró que la planta de tratamiento analizada tiene indicadores de nivel de servicio aceptables en proceso de deterioro. El factor limitante para que el nivel de servicio no obtenga las calificaciones más altas se refiere principalmente la cantidad de agua; así mismo el estudio muestra que en aspectos de la gestión técnico-operativa, como las nuevas inversiones o reunión de la junta directiva, también se presentan deficiencias. Al mismo tiempo, la gestión administrativa obtuvo una calificación alta, lo que refleja bajos niveles de morosidad en el servicio. Los indicadores antes descritos son una importante herramienta de gestión en los gobiernos locales para la toma de decisiones en las tareas de planificación, monitoreo y evaluación de los servicios de agua y saneamiento aunque esta es un área en la cual se requiere aún más investigación.

PALABRAS CLAVE

Planta de Tratamiento de Agua Potable, indicadores, sostenibilidad, niveles de servicio, San Marcos

ABSTRACT

In this study, the level of service and the performance of the treatment plant water Calvary City of San Marcos, whose system is run by the provincial municipality of San Marcos, scored the treatment plant consists of: house chemical, administrative area, hydraulic ramp type mixer, hydraulic flocculator screens horizontal flow channel collection and distribution of flocculated water, double parallel plate clarifiers, rapid self-cleaning filters, room chlorination, chlorine contact tank, and pumping chamber filter washing. To qualify this system a set of indicators which use ordinal ratings are developed; indicators are derived from regulatory and legal requirements, existing sets of indicators in the country; the set of indicators developed in the context of this study to analyze both the needs of generic support Treatment Plant Water as identify gaps or specific potential of the service. Using these indicators and improvement imply that municipalities apply these instruments in their work to measure the effectiveness of their services, according to the results. We found that the treatment plant is analyzed indicators acceptable level of service deterioration process. The limiting factor for the level of service not get the highest grades mainly concerns the amount of water; likewise the study shows that technical aspects of operational management, including new investments or meeting of the board, deficiencies are also presented. At the same time, the administration received a high rating, reflecting lower levels of delinquency in service. The indicators described above are an important management tool in local government for decision-making in planning, monitoring and evaluation of water and sanitation services although this is an area where further research is required.

KEY WORDS

Treatment Plant Water, indicators, sustainability, service levels, San Marcos

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

- En el marco de cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, Objetivo 7, meta 10 (Cumbre del Milenio 2000)¹ las responsabilidades en la provisión y sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento que generalmente pueden ser diagnosticadas estudiando sus diferentes factores como la calidad del agua, continuidad del servicio, cantidad de agua, estado de la infraestructura, etc. Estos factores dependen de los tres niveles de gobierno: nacional, regional y local. Dentro de este contexto tomamos como objeto de estudio La planta de tratamiento de agua potable El Calvario – Ciudad de San Marcos, que forma parte de los servicios que presta la Municipalidad Provincial de San Marcos, la cual no cuenta con una base de datos actualizada que contenga los principales indicadores del sector de saneamiento se pretende Proporcionar una calificación del estado de la infraestructura, analizar si la gestión administrativa provincial y administra correctamente los servicios averiguar si la operación y mantenimiento que se brinda a la planta de tratamiento es óptimo.

1.2. Formulación del problema

Para formular el problema definiremos lo siguiente:

‘El índice de Sostenibilidad será calculado de acuerdo a los puntajes obtenidos en los tres factores evaluados:

- 1.- Estado de la Infraestructura..... (ES)**
- 2.- Operación y Mantenimiento..... (OyM)**
- 3.- Gestión Administrativa..... (G)**

¹ Los Objetivos de Desarrollo del Milenio, también conocidos como Objetivos del Milenio (ODM), son ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000, que los 189 países miembros de las Naciones Unidas acordaron conseguir para el año 2015. Estos objetivos tratan problemas de la vida cotidiana que se consideran graves y/o radicales.

Según la Siguiete Fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD} = \frac{(ES * 2) + G + OyM}{4}$$

**Tabla 1: Cuadro Para La Calificación De La Sostenibilidad De Un Sistema
CUADRO DE REFERENCIA PARA LOS PUNTAJES²**

ESTADO	CUALIFICACIÓN	PUNTAJE
Bueno	Sostenible	3.51 – 4
Regular	Medianamente Sostenible	2.51 – 3.50
Malo	No sostenible	1.51 – 2.50
Muy malo	Colapsado	1.00 – 1.50

(Tomado de: Compendio Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento. Pág. 98)

De lo anterior formulamos la siguiente interrogante:

1.2.1. Interrogante Principal

¿Actualmente, la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Calvario de la Ciudad de San Marcos es un sistema sostenible?

Para responder a esta pregunta nos formulamos la siguiente hipótesis:

1.2.2. Hipótesis

Actualmente, el sistema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Calvario, de la ciudad de San Marcos, está caracterizado por una planta convencional, el mismo que se encuentra en estado regular, por lo que tiene una sostenibilidad en proceso de deterioro.

² Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento SIRAS - 2010

1.3. Justificación de la investigación

La presente investigación está enfocada en determinar la sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) – el Calvario, Ciudad de San Marcos, con los resultados obtenidos serán beneficiados los usuarios directos de la planta de tratamiento de agua potable, es decir la comunidad en general, puesto que en caso de hallarse irregularidades en el funcionamiento, estructura y/o manejo de la planta se podrá preveer posibles soluciones en pro de mejorar la calidad del agua, su costos de tratamiento, de distribución u otro aspecto que de forma directa o implícita mejore la calidad de vida de la población de San Marcos.

Además de esto, podría servir como documento de referencia, a los estudiantes de pregrado y posgrado de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, además servirá de base en la toma de decisiones y mostrará los principales resultados obtenidos a partir del diagnóstico de la PTAP en las provincias de la región Cajamarca.

1.4. Alcance o delimitación de la investigación

La presente investigación se enfoca a determinar la sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) – el Calvario, Ciudad de San Marcos en la actualidad, los resultados obtenidos serán analizados para beneficio de los usuarios y la comunidad en general, de modo que de forma directa o implícita mejore la calidad de vida de la Ciudad de San Marcos.

1.5. Objetivos

- **Objetivo general**

Determinar la Sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Calvario – Ciudad de San Marcos.

- **Objetivos específicos**

- Proporcionar una calificación subjetiva del estado de la infraestructura.
- Analizar si la gestión administrativa provincial, administra correctamente los servicios.

- Determinar si la operación y mantenimiento que se brinda a la planta de tratamiento es óptimo.

1.6. Descripción del contenido de los capítulos

El capítulo I, Introducción contiene el contexto y el problema, también la pregunta principal, la hipótesis la justificación, el alcance y los objetivos de la Investigación.

El capítulo II, Marco teórico describe los antecedentes teóricos de la investigación, es decir las investigaciones que existen sobre el tema o problema, los resultados y conclusiones más importantes a las que han llegado; así mismo contiene las bases teóricas, es decir los fundamentos teóricos que sirven de base o fundamento para la investigación y la definición de términos básicos que apoyados en la literatura describen los términos que constituyen las variables y que son motivo de evaluación o medición.

El capítulo III, Materiales y Métodos describen la ubicación geográfica donde se realizó la investigación, el tiempo o época en la cual se realizó la investigación; además describe el procedimiento de los métodos que se usarán siguiendo un orden cronológico, el tratamiento y análisis de datos que se realizó y la presentación de resultados.

El capítulo IV, Análisis y discusión de resultados, explica y discute los resultados siguiendo la secuencia de los objetivos planteados, discute los resultados encontrados con datos de la literatura y resalta las divergencias con antecedentes teóricos explicando lógicamente las mismas.

El capítulo V, Conclusiones y Recomendaciones, se refiere a los aspectos que se considera necesarios realizar para seguir ampliando los conocimientos sobre el tema de la investigación que no se incluyeron en la investigación.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos de la investigación

Un estudio realizado por el Plan Maestro de Agua Potable y Saneamiento (Bolivia 2010), muestra el resultado de una Evaluación de Plantas Potabilizadoras en diferentes ciudades de Bolivia, llegando a la conclusión de que la mayoría de plantas pueden ser mejoradas. La metodología se puede resumir en un análisis de cada uno de los componentes para luego generar un estado situacional y posteriormente dar una propuesta según sea el caso para ampliación, reparación o construcción de los componentes de una planta de tratamiento de agua potable (Canaleta Parshall, floculadores, Sedimentadores, Filtros rápidos, etc.)

Otro estudio realizado por Imelda Diaz Mosos (Colombia – 2006), describe un procedimiento para el funcionamiento operativo de la planta de agua potable de Tolima, basado en el problema que la planta de tratamiento de agua potable del Municipio no cuenta con la estandarización de su proceso incumpliendo en su producto final “agua potable para consumo humano” con las normas vigentes del sector de agua potable, ni con un diseño de procedimiento adecuado de operación que incluya indicadores de gestión, de operación y de calidad del servicio de agua potable suministrada a sus clientes.

Luego de definido el problema la metodología de sintetiza en la prioridad de medir algunos aspectos y puntos relevantes que son Control de Calidad y Control de Proceso basados en un grupo de indicadores: Continuidad, Cantidad, Agua Improductiva (Agua de lavado + Agua Consumo planta/ Agua Filtrada), Reducción de Costos químicos, Producto no Conforme y Análisis Microbiológicos.

En este estudio cabe mencionar que hay dos conclusiones importantes a la cual la autora llega:

- Aunque la planta de tratamiento de no cuenta actualmente con inversión en el mejoramiento de su infraestructura los instructivos de operación permitirán hacer un uso adecuado de lo que se tiene en busca de mejoramiento y permitirá a pesar de los constantes cambios administrativos llevar una continuidad en su adecuado funcionamiento.
- El adecuado uso de la prueba de floculación con el ensayo de Jarras marca la diferencia en el proceso y en la economía del tratamiento pues no se realizaba generando exceso o defecto del producto coagulante que se manifestaba tanto en calidad como en presupuesto.

También podemos mencionar la investigación de Lidia Cánepa (2006), la cual hizo una evaluación de las plantas de tratamiento de Agua Potable de la empresa prestadora de servicios de Cañete – Lima en la cual describe un procedimiento de evaluación enfocado a determinar los niveles de eficiencia de la planta de tratamiento, midiendo los parámetros operacionales y procesos, además de estudiar sus características hidráulicas

La principal conclusión a la que se llega en esta evaluación es que para poder mejorar las condiciones de operación es necesario capacitar al personal profesional y técnico a cargo del funcionamiento del sistema de tratamiento.

2.2. Bases teóricas

Para propósitos de este estudio se entiende el concepto de sostenibilidad como la prestación de un cierto nivel de servicio de agua por un período de tiempo indefinido (Lockwood and Smits, 2011). El nivel de servicio se refiere a las características del servicio que el usuario recibe, e incluye la calidad del agua, la cantidad, la continuidad, el acceso y la satisfacción del usuario con el servicio recibido. Al conjunto de estas características se refiere también como la calidad del servicio.

En el marco de este concepto de sostenibilidad, se considera que una Planta de Tratamiento de agua tiene un ciclo de vida, que empieza normalmente con la fase de implementación, en la cual se desarrolla la infraestructura y se establece una capacidad organizativa para manejar la planta, y la cual se hace a través de un ciclo de proyecto. Esta fase, es seguida por una etapa de operación, mantenimiento y administración, y luego una etapa de reposición de activos (reemplazo de infraestructura), que puede también darse en forma de ciclo de proyecto. La idea central es que una vez que la infraestructura cumpla su vida útil, esta no deje de funcionar, sino que se lleve a cabo la fase de reemplazo de activos, manteniendo el nivel de servicio, y preferiblemente mejorándolo. Por lo tanto, la sostenibilidad se manifiesta a través de los cambios en la calidad del servicio a lo largo del tiempo.

Cuando el servicio es sostenible, la calidad se mantiene en un cierto nivel o incluso mejora; cuando la calidad del servicio baja a través del tiempo, el servicio no es sostenible. En cada etapa del ciclo de vida hay factores que influyen en el logro de la sostenibilidad. Históricamente, muchos estudios se han enfocado en la fase de implementación, en la cual se construye una base para la sostenibilidad. Aspectos como selección de tecnologías apropiadas, participación comunitaria y definición de tarifas han sido identificados como importantes condiciones para lograr sostenibilidad (ver Moriarty and Schouten, 2003, para una revisión de esta literatura). Si estas condiciones no se cumplen, existe un gran riesgo de baja sostenibilidad, pero el cumplimiento de los mismos tampoco es garantía para la sostenibilidad, dado que factores en las otras etapas del ciclo de vida pueden tener un impacto también. De lo anterior se sostiene que la sostenibilidad en primera instancia depende de factores que tienen que ver con la gobernanza y el desempeño del prestador del

servicio municipal. La gobernanza del prestador se refiere a la forma en que están organizados los procesos de toma de decisiones para la gestión del servicio.

Incluye por una parte la estructura institucional formal, por ejemplo en términos del tipo de organización, y el cumplimiento de los requisitos legales, pero también los procesos informales que influyen en la toma de decisiones, como la participación de los usuarios.

El desempeño del prestador se refiere a la forma en la cual cumple con las actividades de administración, operación y mantenimiento del sistema. Un prestador que logra altos estándares de desempeño en estos ámbitos probablemente brinda un servicio de buena calidad.

Cuando hay una baja calidad del servicio, es probable que el prestador tenga un desempeño pobre y la sostenibilidad se vea afectada. Por tanto, un servicio sostenible requiere que el prestador mantenga o mejore sus indicadores de desempeño a lo largo del tiempo. Dado que la gestión municipal tiene limitaciones inherentes y dificultades para realizar todas las actividades, requieren de un apoyo post-construcción. Este se entiende como el apoyo directo proporcionado por una entidad externa para el desarrollo de las actividades de operación, mantenimiento y administración del servicio (Lockwood and Smits, 2011).

El apoyo post-construcción es una forma de reducir las debilidades y riesgos inherentes de la gestión municipal en la fase de operación y mantenimiento.

Existe una gran variedad de formas de brindar este apoyo post-construcción, como está resumido en Smits et al., 2011. Se diferencia en formas de apoyo a la demanda y por oferta. La primera refiere a casos en los cuales el prestador pide y recibe apoyo cuando lo necesita; el apoyo por oferta se da cuando un prestador recibe visitas según cierta programación o rutina, sin que haya una necesidad de apoyo inmediata y tiene como ventaja de poder detectar fallas con anticipación antes que se vuelvan problemas mayores. La entidad que brinda el apoyo, lo puede hacer de forma directa o actuar como intermediario.

También hay diferentes tipos de instituciones que brindan el apoyo post-construcción.

Cuando el gobierno local tiene la responsabilidad legal de garantizar la prestación y sostenibilidad del servicio puede dar este apoyo. En algunos casos, es más bien el gobierno regional o incluso el nacional quien lo proporciona, sobre todo cuando la capacidad de los gobiernos locales es insuficiente.

Finalmente, en la fase de operación y mantenimiento la sostenibilidad depende de factores del marco político, legal e institucional que rige el sector. Ejemplos de ellos incluyen la posibilidad de organizaciones comunitarias de constituirse legalmente o la regulación de prestadores municipales. La reposición de activos, como última fase en el ciclo de vida de una Planta de Tratamiento de Agua Potable básicamente se refiere a la inversión que se hace para reponer la infraestructura (o componentes de la infraestructura) cuando ésta llega al fin de su vida útil. La reposición suele hacerse en forma de proyectos de inversión mayores por ser obras relativamente grandes. El principal factor que influye en esto es el cumplimiento de la responsabilidad para realizar esta reinversión, y ahí es donde se encuentra el problema principal, dado que en muchos países esta responsabilidad no está claramente definida.

En este estudio nos enfocamos sobre todo en los factores de sostenibilidad en la fase de operación y mantenimiento, dado que el interés es de saber cómo el apoyo post construcción impacta en el desempeño del prestador y de ahí en el nivel de servicio.

Durante esta fase, también se pueden establecer bases importantes para la reposición, sobre todo para la parte tarifaria y el modelo de apoyo para identificar estas necesidades.

Esto requeriría, sin embargo un estudio a lo largo de tiempo, lo que queda fuera del alcance de este trabajo.

2.2.1. Factores o dimensiones de la sostenibilidad³

2.2.1.1. Estado de la Infraestructura Sanitaria:

Se refiere al estado de la infraestructura y al servicio que brinda y que abarca a los índices que dependen del estado mismo de la infraestructura (no exclusivamente), como son la continuidad, la cantidad, la calidad y la cobertura.

Indicadores de la Infraestructura Sanitaria

- Cobertura del Servicio
- Continuidad del Servicio
- Calidad del agua
- Cantidad de agua

³ Base sistematización PROPILAS I

- Año de construcción
- Tipo de sistema de Abastecimiento

2.2.1.2. Operación y mantenimiento:

Definida como la buena, regular o mala operación y mantenimiento que se le da a la estructura.

Indicadores de Operación y Mantenimiento

- Capacitación
- Mantenimiento, desinfección y cloración
- Personal que realiza el mantenimiento

2.2.1.3. Gestión Administrativa:

Referida a la gestión comunal y dirigencial, la participación de los usuarios en la operación y mantenimiento, pago de cuotas, participación en asambleas, manejo del agua y mantenimiento, referida a la administración de los servicios, legalización de su organización, manejo económico, búsqueda de asesoramiento o conformación de organizaciones mayores como comités distritales, provinciales o mesas de concertación.

Indicadores de Gestión Administrativa

- Pago por el servicio
- Nuevas inversiones en la PTAP
- Cambio de directivos
- Cantidad de Agua captada
- Reuniones junta directiva y usuarios

*El índice de Sostenibilidad será calculado de acuerdo a los puntajes obtenidos en cada uno de los indicadores de los tres factores evaluados:

- 1.-Estado de la Infraestructura..... (ES)**
- 2.- Gestión..... (G)**
- 3.- Operación y Mantenimiento..... (OyM)**

Según la Siguiete Fórmula:

$$\text{ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD} = \frac{(ES * 2) + G + OyM}{4}$$

CUADRO DE REFERENCIA PARA LOS PUNTAJES⁴

ESTADO	CUALIFICACIÓN	PUNTAJE
Bueno	Sostenible	3.51 – 4
Regular	Medianamente Sostenible	2.51 – 3.50
Malo	No sostenible	1.51 – 2.50
Muy malo	Colapsado	1.00 – 1.50

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Sostenibilidad⁵:

Atender a las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer las suyas, garantizando el equilibrio entre *crecimiento económico, cuidado del medio ambiente y bienestar social*.

2.3.2. Sistema sostenible⁶:

Se ha definido como sistema sostenible a un sistema que cuenta con una infraestructura en buenas condiciones, que permite brindar el servicio en óptimas condiciones de calidad, cantidad y continuidad, con una cobertura que ha evolucionado según el crecimiento previsto en el expediente técnico.

⁴ Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento SIRAS - 2010

⁵ <http://www.ecointeligencia.com/2013/02/10-definiciones-sostenibilidad/>

⁶ Sistema de Información Regional en Agua y Saneamiento SIRAS - 2010

2.3.3. Propiedades Físicas del Agua

En el tratamiento de agua para el consumo humano se lidia principalmente con cuatro parámetros de gran importancia los cuales son, el color, la turbiedad, el sabor y el olor.

2.3.3.1. Turbiedad

Es la capacidad que tiene una sustancia ya sea líquida o sólida, de diseminar en ella un haz luminoso que pase a través de la misma, generalmente esta propiedad se ve afectada por el arrastre de sólidos, o el contacto del agua con suelos, algas o colonias de bacterias⁷, dicha característica del agua es medida en unidades nefelométricas de turbiedad (UNT).

2.3.3.2. Color

Se reconoce como la presencia en el agua de partículas sólidas, de origen orgánico e inorgánico, esta propiedad del agua se mide en unidades de platino cobalto, denotadas como UPC o UC Se distinguen dos clases de color:

2.3.3.2.1. Color Aparente

Es aquel que posee la muestra de agua tomada inicialmente antes de ser filtrada o centrifugada.

2.3.3.2.2. Color Real

Es aquel que presenta la muestra posterior a la remoción de la turbiedad, es decir después de realizar filtración o centrifugación.

2.3.3.3. Sabor y olor

Se presenta estas propiedades en el agua, debido a la presencia de minerales o sustancias orgánicas disueltas en la misma, su determinación es netamente subjetiva y se califica como aceptable o no aceptable.

2.3.4. Propiedades químicas del agua

Hace referencia a sustancias presentes en el agua que caracterizan la en su comportamiento y reacción con otras sustancias, las más combatidas en el tratamiento de agua son, el control del pH, la presencia de sales (conductividad), y el contenido de

⁷ TEORIA Y PRACTICA DE LA PURIFICACION DEL AGUA, Jorge Arboleda Valencia. Pág. 21

ciertas sustancias perjudiciales para la salud humana, entre las cuales encontramos el azufre, el mercurio, el hierro, el bromo, el plomo entre otras. Sin embargo el agua potable puede tener ciertas cantidades restringidas de tales sustancias sin convertirse en un riesgo para la salud pública de la comunidad de usuarios.

2.3.4.1. pH

Potencial de hidrogeno, esta medida indica una condición propia del agua, oscila en una escala entre 0 y 14, considerándose una sustancia acida, si presenta un valor entre 0 y 7, y una sustancia alcalina para valores entre 7 y 14⁸.

2.3.4.2. Conductividad

Es la capacidad de un material de conducir a través de él, corriente eléctrica, su unidad de medición es el microsiemens⁹.

2.3.4.3. Dureza

Se conoce como la resistencia que ejerce una material ha ser rallado, penetrado o deformado por otro, no obstante cuando al agua se refiere se conoce como dureza total, y se define como la concentración de calcio y magnesio, contenida en el agua, se controla este parámetro ya que afecta la salud humana¹⁰.

2.3.5. Propiedades Microbiológicas

Se distinguen como la presencia de organismos vivos en el agua (microorganismos), los cuales son generadores de diferentes enfermedades de origen hídrico que afectan directamente la salud de la población consumidora.

2.3.5.1. Escherichia Coli

Es una bacteria comúnmente encontrada en las materias fecales del hombre y de algunas especies animales, su nicho ecológico es el intestino, y se ha reconocido como un agente potencialmente patógeno ya que produce

⁸ FISICOQUIMICA VOLUMEN I. Margarita Canales. Pág. 153

⁹ EL ABC DE LA INSTRUMENTACION EN EL CONTROL DE PROCESOS INDUSTRIALES. Gilberto Henríquez. Pág. 94

¹⁰ MEDICINA PREVENTIVA Y SALUD PÚBLICA. Piedrola Gonzalo. Pág. 304

síndrome clínico como, infección de vías urinarias, cuadro diarreico, sepsis y meningitis entre otros¹¹. Por tal razón su presencia en el agua es indebida y es alto índice de contaminación por vertimiento de aguas residuales, aguas arriba.

2.3.5.2. La Giardia

Es un protozoo flagelado patógeno para el hombre, el cual habita en el intestino (duodeno) del ser humano, especialmente en niños, dicho parasito se desarrolla en ambientes de bajo nivel higiénico y sanitario¹². Por tal razón su presencia en el agua es considerada como un índice importante de contaminación.

2.3.5.3. Cryptosporidium

Es un protozoo, paracito intracelular, que infecta a un gran número de animales en el mundo incluyendo al hombre, su ciclo de vida termina en un quiste que es arrojado en la materia fecal, el cual se puede mantener inefectivo durante un largo tiempo si permanece en el suelo o el agua, es generador de brotes de gastroenteritis constituyéndose de esta forma en un ente patógeno de relevancia¹³.

2.3.6. Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP)

Una planta de potabilización (PTAP) está conformada por un conjunto de procesos unitarios, físico, químicos, microbiológicos, cuyo objetivo es convertir una agua cruda o natural en agua potable¹⁴, eliminando todas las impurezas presentes en ella, el tratamiento ha de corresponder a las características propias del agua a tratar, la cantidad de agua requerida, y el presupuesto para la viabilidad de la planta.

“El objetivo del tratamiento del agua es producir un adecuado y continuo suministro de agua que es química, bacteriológica y estéticamente agradable.

Más específicamente el tratamiento del agua debe producir agua que sea;

¹¹ MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA HUMANA. Romero Raúl. Pág. 753

¹² MICROBIOLOGÍA BÁSICA PARA EL ÁREA DE LA SALUD Y AFINES. Montoya Hugo. Pág. 187

¹³ AVANCES EN CALIDAD AMBIENTAL. Ramos Pedro. Pág. 585.

¹⁴ Es importante distinguir que se reconoce como agua cruda, aquella que no ha recibido ningún tratamiento y que se puede considerar como agua potable, aquella que reúna los requisitos organolépticos, químicos y microbiológicos, señalados en la resolución 2115, y que por tal razón se califica como apta para el consumo humano sin producir efectos adversos en la salud de la población.

- Grata; que no tenga un sabor desagradable.
- Saludable; no debe contener ningún organismo patógeno o producto químico que pueda ser nocivo para el consumidor.
- Limpia; libre de materia suspendida y turbidez.
- Sin color y sin olor; estética para el consumo.
- Razonablemente blanda; para permitir a los consumidores la higiene personal, lavado de ropas y vajillas sin el excesivo uso de detergentes y jabones¹⁵.

En el caso específico de la planta en estudio se trata de un método convencional (ver figura 1), aclarando que existen otros métodos de acupurificación como lo es la filtración lenta en arena, la filtración gruesa, la filtración por geomembranas, entre otros. El método convencional de tratamiento está conformado por los siguientes procesos unitarios:

2.3.6.1. Coagulación (Mezcla Rápida)

Este proceso determina en cierto grado la calidad del tratamiento, ya que está implícito en los procesos posteriores, la coagulación se entiende como la desestabilización eléctrica de las partículas presentes en el agua que generan la turbiedad y el color de la misma, dicha desestabilización se efectúa mediante la adición de sustancias químicas conocidas como coagulantes, sometiendo el agua a una agitación intensa de elevado gradiente de velocidad, con el fin de formar una solución homogénea de los coagulantes en el agua, en el menor tiempo posible.

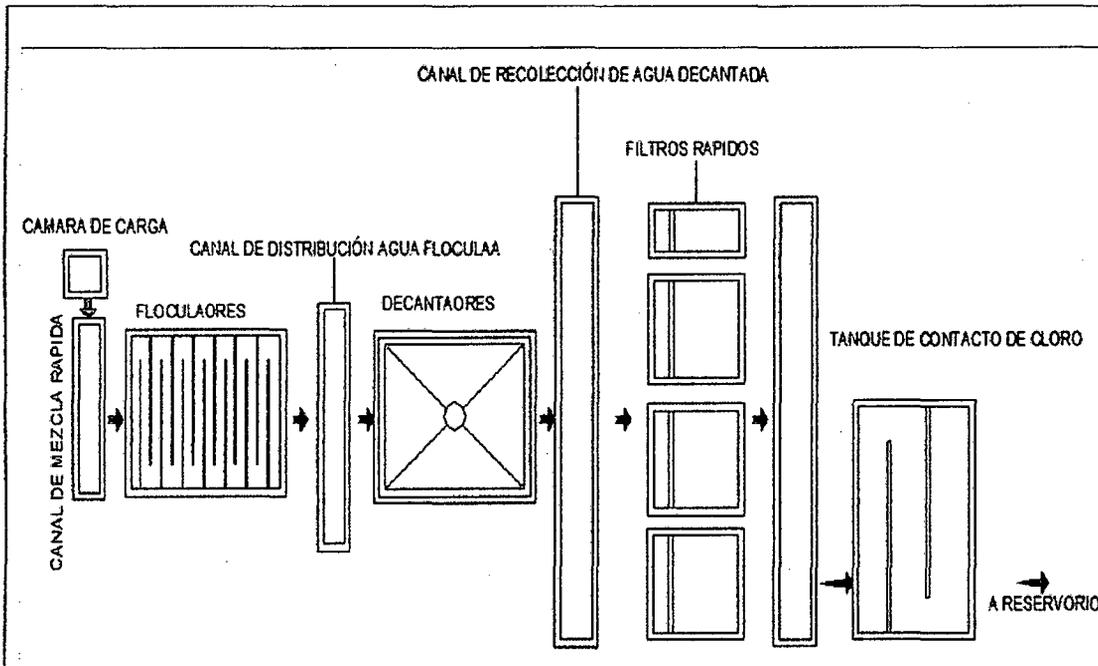
Las partículas que generan la turbiedad y el color; tiene cargas eléctricas que generalmente son negativas, mientras que los coagulantes tienen carga positiva, por lo cual se neutraliza la carga de las partículas, desestabilizando el coloide de las partículas, formando aglomeraciones de mayor tamaño (conocidas como floc) que posteriormente se han de sedimentar con mayor facilidad¹⁶.

Existen dos grandes grupos de coagulantes, y son los coagulantes metálicos y los polielectrolitos o ayudantes de coagulación.

¹⁵ DRINKING WATER QUALITY, PROBLEMS AND SOLUTIONS. N. F. GRAY. Pág. 10

¹⁶ OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUA. Rodríguez Carlos. Pág. 33

Figura 1: Esquema PTAP el Calvario.



Proyecto de Investigación: SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EL CALVARIO DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS.

<p>Título: Esquema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable convencional PTAP – El Calvario</p>	<p>Archivo: Figura 01.</p>	<p>Fecha: Sep/201 4</p>	<p>Figura : 01</p>
---	---	--	-----------------------------------

*Fuente: Elaboración propia, Julio del 2014

2.3.6.1.1. Coagulantes metálicos

Son los que usualmente suelen emplearse en el tratamiento de aguas, se basan en su composición de aluminio o hierro, aunque también existen algunas combinaciones de otros elementos que pueden funcionar como coagulantes.

2.3.6.1.1.1. Sulfato de Aluminio

En su forma comercial se conoce como alumbre, es el más empleado de todos los coagulantes, dicho producto se distribuye en forma pulverizada, molida o troceada y en solución concentrada, ya que es fácilmente soluble en el agua, su fórmula química es; $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$.

2.3.6.1.1.2. Aluminato Sódico

Se emplea poco, ya que debe ir acompañado de alumbre, su uso es propio cuando se requieren reacciones específicas para un tipo de agua en especial (por ejemplo en aguas con mucho color), dicho compuesto se encuentra comercialmente en forma sólida o en solución, pero presenta elevados costos, su fórmula química es $NaAlO_2$.

2.3.6.1.1.3. Sulfato Férrico

Se distribuye comercialmente en forma granular, fácilmente soluble en el agua, suele emplearse en aguas con bajos índices de pH, al reaccionar con el agua produce hidróxido férrico, el cual neutraliza las cargas negativas presentes en el agua. Su fórmula química es, $Fe_2(SO_4)_3$.

2.3.6.1.1.4. Sulfato Ferroso

También se conoce como vitriolo verde, se comercializa en forma de cristales o gránulos, fácilmente solubles en el agua, al reaccionar con la alcalinidad del agua produce hidróxido ferroso, sin embargo este compuesto no es útil en la coagulación por lo que ha de oxidarse, añadiendo cloro, cal u oxígeno disuelto para formar hidróxido férrico, por tales razones es poco usado. Su fórmula química es, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$.

2.3.6.1.1.5. Cloruro Férrico

Se produce en forma líquida, cristalina y anhidra, pero es muy corrosivo, lo que dificulta su almacenamiento. El cloruro férrico es una sal ácida, que neutraliza la alcalinidad del agua, y desestabiliza las partículas que generan el color y la turbiedad. Su fórmula química es, $2FeCl_3$.¹⁷

¹⁷ CONTROL DE CALIDAD Y TRATAMIENTO DEL AGUA. A.W.W.A pág. 120 – 125.

2.3.6.1.1.6. Carbonato de magnesio

Es un compuesto químico que no se produce comercialmente, tiene una apariencia de polvo blanco, no obstante para obtener resultados útiles es necesario agregarle cal, para obtener hidróxido de magnesio, el cual si produce la coagulación de las partículas. Su fórmula química es, $Mg (CO_3)$.

2.3.6.1.2. Polielectrolitos

Un polímero se define como la unión de varias unidades básicas (monómeras) las cuales se une mediante enlaces covalente, cuando el polímero contiene varios grupos funcionales se le conoce como polielectrolito, estos compuestos se usan en el tratamiento de aguas para acelerar los procesos de sedimentación de las partículas.

2.3.6.1.2. Polímeros Naturales

Se producen a través de reacciones bioquímicas naturales de animales y plantas, algunos de estos compuestos poseen ciertas propiedades y son usados generalmente de forma empírica en la potabilización de la agua, ya que son difícilmente solubles en el agua, ver tabla 2.

2.3.6.1.2. Polímeros sintéticos

Son compuestos orgánicos que se producen mediante la transformación química de algunos derivados del carbón y el petróleo, comercialmente se encuentran en forma de polvo seco o líquidos con bajas concentraciones de polímeros activos., entre los polímeros sintéticos con propiedades coagulantes encontramos; la poliacrilamida y la sílice activada, existen más 100 marcas comerciales de polielectrolitos sintéticos, sin embargo algunos de ellos son altamente tóxicos, por lo que es necesario realizar las revisiones y estudios pertinentes con el fin de evitar complicaciones¹⁸.

No existe una manera teóricamente definida para la determinación del coagulante que se ha de utilizar, para tal efecto es de bastante importancia el criterio del ingeniero diseñador, teniendo en cuenta las características del agua, la ubicación de la planta, las fuentes comercializadoras de los productos químicos, y su ubicación respecto a la planta, los costos de los coagulantes y

¹⁸ TEORIA Y PRÁCTICA DE LA PURIFICACION DEL AGUA. Arboleda, Jorge. Pág. 47 -58.

las condiciones de almacenamiento, de igual forma parara calcular la dosificación no hay una formula comprobada, por lo que se precisa la utilización del ensayo de jarras para la determinación de la dosis optima de coagulante.

Tabla 2: Polímeros naturales que tienen propiedades coagulantes o floculantes.

NOMBRE COMÚN	SE EXTRAE DE	PARTE DE DONDE SE OBTIENE
Alginato de Sodio	Algas pardas marinas (Phaeophyceae)	Toda la planta
Tuna	Opuntia ficus indica	Las Hojas
Almidones	Maíz- Papa – Yuca - Trigo	El grano o el tubérculo
Semillas de nirmali	Strychnos potatorun	Las semillas
Algarrobo	Quebracho, acacia o algarrobo (Schinopsis Lorentzii)	Corteza del árbol
Gelatina común	Animales	Residuos animales - Huesos
Carboximetil celulosa	Arboles	Corteza del árbol
Goma de guar	Cyanopsis psoralioides	Semillas

(Tomado de teoría y práctica de la purificación del agua. Jorge Arboleda Valencia. Pág. 48)

2.3.6.1.3. Ensayo de Jarras

Consiste en simular en vasos de precipitado (jarras) el proceso de coagulación – floculación que se realiza en la planta de tratamiento (ver figura 2), evaluando diferentes parámetros durante la ejecución del ensayo sus objetivos básicos son; la determinación de los coagulantes y coadyuvantes de coagulación, dosis optimas, de igual forma sirve para determinar dosis de alcalinizante, desinfectantes, tamaño del floc producido, tiempo de formación del floc, gradientes óptimos de velocidad,

velocidad de sedimentación y el análisis de las alteraciones de pH, alcalinidad, dureza que se presentan al adicionar el coagulante, este ensayo ha de realizarse por lo menos 10 veces para distintas condiciones de agua cruda¹⁹.

En el proceso de mezcla rápida, es necesario dispersar de forma rápida y uniforme el coagulante agregado, a través de todo el flujo de agua, dicha acción se hace mediante turbulencia, la cual puede generarse por medios hidráulicos o mecánicos.

2.3.6.1.4. Mezcladores Rápidos Mecánicos

Generalmente consisten en taques circulares o cuadrados, con hélices, paletas, turbinas u otros elementos semejantes (ver figura 3), que se acoplan a un eje, y se impulsan mediante una fuerza motriz, el eje gira con una elevada frecuencia de revoluciones agitando el cuerpo de agua y generando de este modo la mezcla entre el agua y el coagulante agregado²⁰. Este tipo de mezcladores suele elevar los costos de tratamiento (ya que es necesaria la energía eléctrica para el funcionamiento del motor, además del costo mismo de la estructura) por lo que su utilización no es muy usual.

2.3.6.1.5. Mezcladores Rápidos Hidráulicos

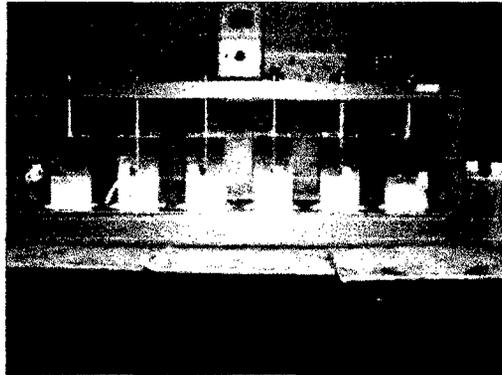
Su funcionamiento gira en torno a la utilización del resalto hidráulico, generado mediante diferentes estructuras como la canaleta parshall, tubos Venturi, tubos perforados, tanques con baffles y vertederos (ver figura 4), tiene la ventaja de que no necesita energía mecánica, pero es necesario disponer de suficiente cabeza hidráulica de energía, en la zona de entrada²¹. Son mucho más económicos, y no se requiere personal especializado para su funcionamiento, ni mantenimiento frecuente

¹⁹ NTP 3903. PROCEDIMIENTO PARA EL METODO DE JARRAS EN LA COAGULACION – FLOCULACION DEL AGUA.

²⁰ PURIFICACION DEL AGUA. Romero Jairo. Pág. 53.

²¹ *Ibíd.* Pág. 53

Figura 2: Visualización del Ensayo de Jarras



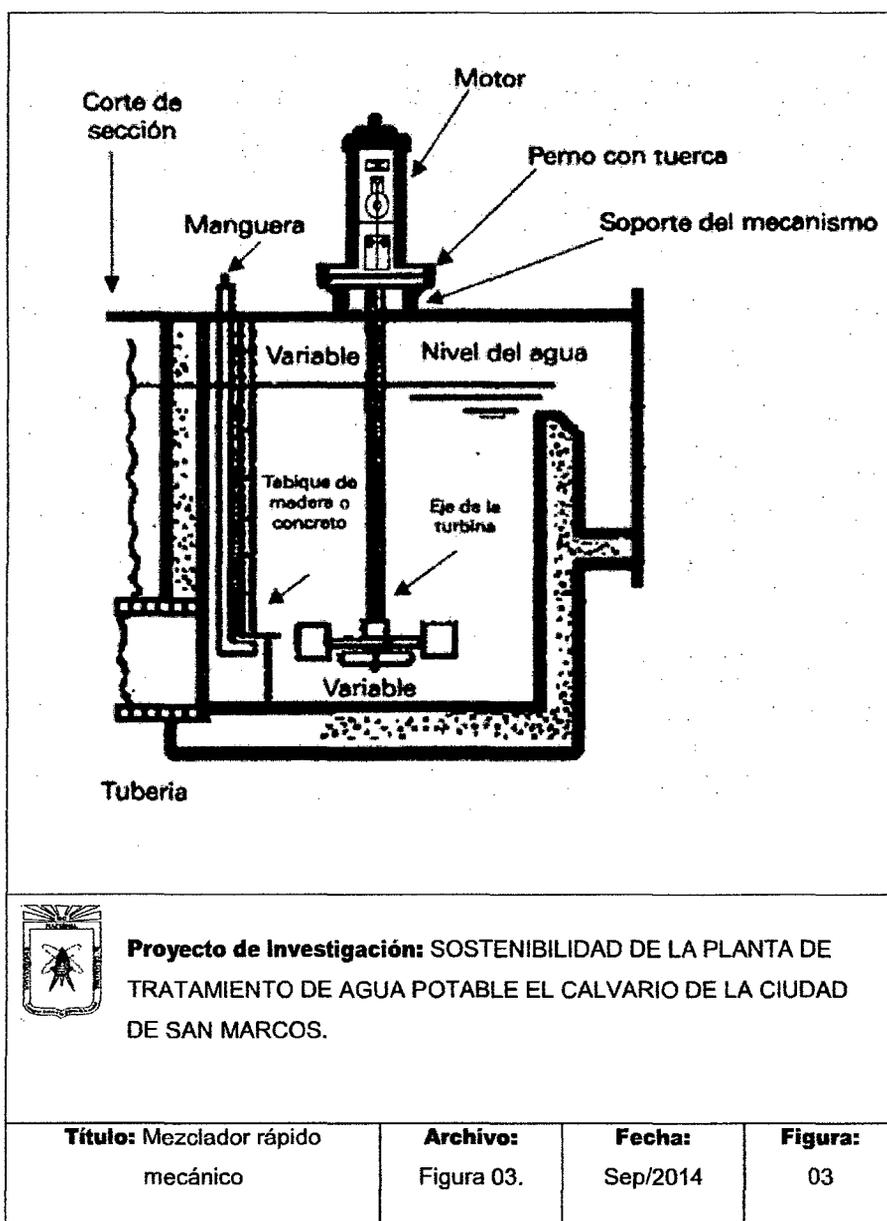
Proyecto de Investigación: SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EL CALVARIO DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS.

Título: Visualización del ensayo de jarras	Archivo: Figura 02.	Fecha: Sep/2014	Figura: 02
---	-------------------------------	---------------------------	----------------------

*Fuente: <http://www.seinco.com.uy/innovaportal/v/283/1/innova.net/laboratorio.html>

- consultado Sep. 2014

Figura 3: Mezclador rápido mecánico



*Fuente: http://repositorio.sena.edu.co/sitios/calidad_del_agua/operacion_potabilizacion/index.html

- consultado Sep. 2014

Figura 4: Mezclador rápido hidráulico (Canal de mezcla rápida, PTAP – El Calvario)



Proyecto de Investigación: SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EL CALVARIO DE LA CIUDAD DE SAN MARCOS.

Título: Mezclador rápido hidráulico (Canal de mezcla rápida, PTAP – El Calvario)

Archivo:
Figura 04

Fecha:
Sep/2014

Figura:
04

*Fuente: Base de datos propia.

2.3.6.2. Floculación (Mezcla lenta)

Es el proceso posterior a la coagulación, de igual forma es una operación de mezcla, pero con una menor intensidad, generando gradientes de mezcla 4 veces más pequeños que los que se presentan en la coagulación.

Existen dos tipos de floculación, los cuales son; floculación percinética, la cual se presenta espontáneamente gracias al desplazamiento de las partículas y a la gravedad, lo que tiende a aglomerar en cierta forma las partículas, el otro tipo es la floculación ortocinética, la cual se debe a gradientes de velocidad inducidos mediante el incremento de la velocidad utilizando energía mecánica o hidráulica, provocando movimiento en diferentes direcciones aumentando la probabilidad de agrupación de las partículas de floc.

El valor óptimo de gradiente es aquel que produce la menor turbiedad residual, teniendo un tiempo y una concentración de coagulante constante, de igual forma mediante el ensayo de jarras se puede determinar tanto el gradiente óptimo, como la dosis de coagulante y el tiempo de retención que ofrezca mejores resultados.

El objetivo primordial de la floculación es reunir las partículas de floc, para formar partículas con mayor peso específico que el del agua para producir su sedimentación, por otra parte compacta las partículas facilitando los procesos de sedimentación y filtración que posteriormente se realizaran.

Para realizar este tipo de proceso existen dos tipos de floculadores:

2.3.6.2.1. Floculadores de Contacto

Generalmente son de flujo vertical, en este tipo de estructura el agua asciende encontrándose a su paso con mantos de lodos, ocasionando el choque entre las partículas del manto y las del floc que contiene el agua, generando de este modo la floculación.

2.3.6.2.2. Floculadores de Potencia

En este caso las partículas son arrastradas con el flujo de agua a través de una estructura que disipa la energía ya sea de forma hidráulica o mecánica, entre los floculadores hidráulicos se destacan los de tabiques y los de medios poroso, mientras que los mecánicos utilizan una fuente externa de energía, como un motor eléctrico acoplado a un eje, trabajando de la misma forma que los mezcladores rápidos mecánicos, pero girando con menos revoluciones por minuto.

2.3.6.2.2.1. Floculadores de tabiques

Están formados por canales, en los cuales se acoplan los tabiques o pantallas, los cuales fuerzan al agua a realizar un movimiento de vaivén alrededor de los tabiques, produciendo el gradiente requerido, este tipo de floculadores se puede elaborar de dos tipos, de flujo horizontal o de flujo vertical según se desee. Este tipo de floculadores son muy usados ya que no requieren equipos para su funcionamiento, disminuyendo los costos de operación.

2.3.6.2.2.2. Floculadores de medios porosos

En este tipo de floculador se construyen varias cámaras de piedra, generando así menores tiempos de retención ya sé que tiene innumerable micro cámaras que se forman debido a los vacíos y a la porosidad de las piedras, de igual forma ahorran el uso energía eléctrica y son de fácil operación.

2.3.6.2.2.3. Floculadores mecánicos

Consisten en un agitador que se mueve en un tanque en el cual el agua permanece cierto tiempo, pueden ser giratorios utilizando una baja velocidad de rotación, también se pueden diseñar con movimientos horizontales o verticales según sea conveniente²².

2.3.6.3. Sedimentación

Este proceso consiste en hacer uso de la gravedad para separar las partículas de mayor densidad y arrastrarlas hasta una zona de almacenamiento (tolva de lodos), para que la separación sea efectiva las fuerzas de gravedad debe contrarrestar los efectos contrarios producidos por la turbulencia, el rozamiento, la repulsión electrostática, la corriente del flujo entre otros²³. Dependiendo de las necesidades de tratamiento se pueden utilizar diferentes tipos de sedimentadores entre los que podemos encontrar; los sedimentadores horizontales convencionales que pueden variar en su geometría siguiendo siempre el mismo principio donde

²² MANUAL DE POTABILIZACION DEL AGUA, PEREZ Jorge. Pág. 112 - 155

²³ TRATAMIENTO DE AGUAS PARA ABASTECIMIENTO PÚBLICO. Gomella Cryl. Pág. 81

cualquier partícula que llegue a la zona de lodos antes de ser arrastrada hacia la zona de salida, quedara sedimentada, por otra parte existen los sedimentadores de alta tasa, en los cuales se aumenta la velocidad de sedimentación obteniendo tiempos de retención inferiores a los 15 minutos, reduciendo de este modo el tiempo total requerido para el tratamiento del agua, en este tipo de sedimentadores se aumenta la superficie de contacto de la estructura mediante la utilización de plaquetas, o módulos de diferentes geometrías lo cuales hacen perder energía cinética a las partículas de floc, provocando de este modo la sedimentación acelerada.

2.3.6.4. Filtración

Aun después de la floculación y la sedimentación quedan sólidos e impurezas presentes en el agua, ya que existen partículas no sedimentables de floc, el proceso de filtración implica la eliminación de partículas en suspensión, haciendo pasar el agua a través de un lecho filtrante, el cual es una cama de material poroso o granular como por ejemplo arena y antracita, durante que el agua fluye a través del filtro se atrapan las partículas en suspensión²⁴.

En algunos casos basta con la filtración y un Pretratamiento para la generación de agua potable, este sistema se conoce como filtración lenta en arena y es un método no convencional de tratamiento para agua potable. De igual forma existen diferentes tipos de filtración entre los cuales encontramos:

2.3.6.4.1. Filtración Rápida

El filtro rápido consiste en una capa de arena de aproximadamente 60 cm de profundidad, sobrepuesta sobre varias capas graduadas de gravas, además se suele usar una capa superpuesta de antracita (el tamaño de los granos de cada estrato de las capas debe graduarse de manera que el grano más pequeño del lecho filtrante no pueda penetrar los huecos de la capa inferior o superior, según sea el filtro) con el fin de aumentar la carrera de filtración y evitar la rápida colmatación del lecho filtrante. El

²⁴ MANUAL DEL AGUA POTABLE. Spellman, Frank. Pág. 227 - 228

agua filtrada se reúne en el fondo de la estructura en unas boquillas de filtración (falso fondo) las cuales garantizan el desagüe durante la operación como también una distribución del agua de lavado²⁵.

En el proceso de filtración se llevan a cabo otros subprocesos tales como, el cernido, la sedimentación y la adherencia, por lo cual este proceso unitario es de bastante importancia en el tratamiento del agua potable, por otra parte existen dos tipos de filtros rápidos los cuales son; de tasa constante, que mantiene una velocidad constante de filtración y va aumentando la altura de la cabeza de agua mientras transcurre el tiempo de filtrado, el otro tipo es el de tasa declinante, en este caso la velocidad disminuye mientras pasa el tiempo, pero la cabeza de agua siempre es la misma, este tipo de filtro presenta la ventaja de funcionar en serie, evitando así la construcción de sistemas en paralelo.

2.3.6.4.2. Filtración lenta

Son estructura de gran superficie, por lo que se suelen utilizar para pequeños caudales, en municipios de poblaciones relativamente bajas, en este tipo filtro el proceso se efectúa en la parte superior de la estructura, en donde se crea una masa, conformada por partículas sólidas y plancton de agua, dicha masa envuelve los granos del filtro aminorando los espacios libres para el paso del agua, realizando de este modo una purificación mecánica mediante la retención de partículas²⁶.

2.3.6.5. Desinfección

Es la destrucción de microorganismos patógenos, el propósito de este proceso es evitar la diseminación de enfermedades hídricas, en el tratamiento del agua el cloro y sus compuestos son los desinfectantes de mayor uso, no obstante existen otros desinfectantes que ofrecen excelentes resultados pero que son poco comerciales y generan elevados costos en el tratamiento.

²⁵ LA CALIDAD DE LAS AGUAS Y SU TRATAMIENTO TOMO 3. Purschel, Weinder. Pág. 33 - 42

²⁶ *Ibíd.*

2.3.6.5.1. Cloración

Gracias a su bajo costo es el desinfectante de mayor uso, además se encuentra comercialmente en diferentes presentaciones como gaseoso, liquido (hipoclorito de sodio) y solido o granular (hipoclorito de calcio), facilitando su adquisición, transporte, almacenamiento y manejo en general. Otra ventaja que posee es su alta solubilidad en el agua, es altamente toxico para los agentes patógenos y sin generar sabor una dosis de cloro residual da protección sanitaria a la redes de distribución del sistema.

De las tres presentaciones comerciales del cloro, las más usada es el cloro gaseoso, ya que ofrece mayores ventaja para su uso, como; fácil manejo, dada la abundancia de equipos industriales y domésticos para su aplicación, se debe tener en cuenta que el tiempo de contacto de desinfectante con el agua debe ser inferior a 30 minutos para no generar problemas en los usuarios, también la dosis aplicada no debe ser inferior a 0.5 mg/lit para garantizar una eficaz desinfección del agua tratada²⁷.

2.3.6.5.2. Yodo

Posee ciertas ventajas, ya que no reacciona con los compuestos de nitrógeno produciendo mayor efectividad, no obstante es de elevado costo por lo que su uso no es muy usual. Presenta un bajo potencial de oxidación, es menos hidrolizable que el cloro pero su fracción residual es más estable y persiste más tiempo incluso en presencia de materias orgánicas y sustancias oxidables.

2.3.6.5.3. Bromo

Aparte de su elevado costo, es poco comercial, pero de igual forma presenta capacidades desinfectantes.

²⁷ SOLUCIONES INDIVIDUALES EN POTABILIZACION DE AGUA EN PEQUEÑA ESCALA. Prada Abelardo. Pág. 30.

2.3.6.5.4. Plata

Es muy inusual su uso como desinfectante, por su costo sin embargo se suele usar para impregnar lechos filtrantes, especialmente adhiriéndose en capas al carbón activado.

2.3.6.5.5. Radiación Ultravioleta

Es producida por la emisión de luz de una lámpara de mercurio y cuarzo, sus ondas con bactericidas, su principal desventaja frente a otros desinfectantes es que es absorbida por el agua y no presente fracción residual por lo en las redes de distribución el agua sería presa de la contaminación por agentes patógenos.

2.3.6.5.6. Ozono

Es un germicida bastante potente, sin embargo es muy tóxico e inestable y presenta mal olor, su ventaja está en la efectividad con los gérmenes y su no reacción con los compuestos de amoníaco presentes en el agua ni por sus niveles de pH, de igual forma es poco soluble en el agua²⁸.

2.3.7. Costos del servicio de distribución

El análisis de los costos y tarifas es bastante importante, ya que nos brinda información acerca de cuánto le cuesta a la empresa administrar, operar y mantener el sistema, además de realizar las inversiones necesarias que garanticen la prestación de un servicio digno y en igualdad de condiciones para toda la población usuaria. De igual forma se puede estipular cuánto le cuesta al usuario recibir un agua de calidad, continuamente y en la cantidad suficiente que satisfaga la totalidad de necesidades básicas tanto de la población actual como de la proyectada a futuro. Los gastos en una empresa se pueden clasificar en tres tipos.

2.3.7.1. Gastos de Administración

Como su nombre lo indica son aquellos generados en la administración de la entidad, entre los cuales se incluyen gastos de funcionamiento y gastos generales necesarios para garantizar un servicio permanente, dentro de estos

²⁸ CALIDAD DEL AGUA. Romero Jairo. Pág. 271 - 299

gastos podemos encontrar los sueldos y prestaciones sociales de los empleados del área administrativa, como gerentes, administradores, secretaria entre otros, además se adicionan los gastos en papelería, facturación e implementos de oficina.

2.3.7.2. Gastos de Operación y Mantenimiento

Son los gastos generados en el mantenimiento y operación del sistema, garantizando la prestación permanente del servicio, en este tipo de gastos se incluyen; los sueldos y prestaciones de los técnicos gasfiteros, de los operarios de la planta, los insumos químicos necesarios para el tratamiento, los costos de energía eléctrica en las instalaciones de la planta, herramientas para reparación y mantenimiento de infraestructura del sistema en general.

2.3.7.3. Costos de Inversión

Son aquellos costos que la empresa invierte con el fin de ampliar la capacidad del sistema de acueducto para satisfacer el crecimiento de la población, maximización de instalaciones y reemplazo componentes de las instalaciones que hayan cumplido su ciclo de vida útil²⁹.

2.4. Marco Legal

Como referentes normativo y legales en Perú, en lo que respecta al tratamiento de agua para consumo humano, existe un documento de vital importancia el cual es:

2.4.1. Reglamento de la calidad de agua para consumo Humano

D.S. N° 031 – 2010- SA/Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental – Lima: Ministerio de Salud; 2011.

Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Dicha reglamento fue aprobado el 24 de setiembre del 2010 en una acción mancomunada entre el Ministerio de Salud y la Dirección General de Salud Ambiental.

²⁹ COSTOS Y TARIFAS. Ministerio de Economía

En este documento se presenta de manera explícita y detallada los límites permisibles en cuanto al contenido de cada una de las propiedades tanto físicas como químicas y microbiológicas que ha de contener el agua al momento de ser distribuida para el consumo humano, de igual forma se hacen algunas estipulaciones en cuanto al mantenimiento y la operación de la planta de tratamiento de agua potable.

Los valores admitidos por este reglamento si el agua distribuida se ha de considerar apta para el consumo humano, los parámetros de importancia se citan a continuación.

2.4.1.1. Normatividad

2.4.1.1.1. Características Físicas

El agua para consumo humano no podrá sobrepasar los valores máximos aceptables para cada una de las características físicas que señalan a continuación³⁰:

Tabla 3: Características físicas Límites Máximos Permisibles

Característica Física	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5

UCV = Unidad de color verdadero. Unidades de platino cobalto

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

(Tomado de REGLAMENTO de CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 39)

2.4.1.1.2. Conductividad³¹

Tabla 4: Límite Máximo Permisible de Conductividad

Parámetro	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500

µmho = micro siemens/cm

(Tomado de REGLAMENTO CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 39)

³⁰ REGLAMENTO de CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 39

³¹ Ibíd. – pág. 39

2.4.1.1.3. Potencial de Hidrógeno (pH)³²

Tabla 5: Límite Máximo pH

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5

(Tomado de REGLAMENTO CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 39)

2.4.1.1.4. Características Químicas

Elementos, compuestos químicos y mezclas de compuestos químicos diferentes a los plaguicidas y otras sustancias... deben enmarcarse dentro de los valores máximos aceptables que se señalan a continuación³³: ya que tales sustancias tienen reconocido efecto adverso en la salud humana, o pueden tener implicaciones sobre la misma, de igual forma algunas de las sustancias tienen consecuencias económicas en el tratamiento del agua para consumo humano.

³² Ibid. – pág. 39

³³ Ibid. – pág. 39 - 40

Tabla 6: Características Químicas Valores Máximos Aceptables

Elementos químicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
Amoniaco	mg N L ⁻¹	1,5
Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
Cianuro	mg CN- L ⁻¹	0,070
Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
Cloruros	mg Cl - L ⁻¹	250
Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
Flúor	mg F- L ⁻¹	1,000
Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
Níquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
Sulfatos	mg SO ₄ = L ⁻¹	250
Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
Sodio	mg Na L ⁻¹	200
Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0

Nota 1: En caso de los sistemas existentes se establecerá en los Planes de Adecuación Sanitaria el plazo para lograr el límite máximo permisible para el arsénico de 0,010 mgL⁻¹.

Nota 2: Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración residual libre de cloro no debe ser menor de 0,5 mgL⁻¹.

(Tomado de REGLAMENTO CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 39 - 40)

2.4.1.1.5. Características Microbiológicas

Las características microbiológicas del agua para consumo humano deben enmarcarse dentro de los siguientes valores máximos aceptables³⁴

Tabla 7: Límites Máximos Permisibles De Parámetros Microbiológicos Y Parasitológicos

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
Virus	UFC / mL	0
Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

(Tomado de REGLAMENTO CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Pág. 38)

³⁴ Ibíd. – pág. 38

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

El área de la Planta de tratamiento en estudio corresponde a un terreno que se ubica en la parte alta de la localidad de San Marcos denominado cerro el "Calvario", entre las cotas 2,356 y 2,354.50 msnm y cubre una extensión de 3,745 metros cuadrados. El acceso a la planta se realiza por medio de un camino carrozable.

3.2. Tiempo

La investigación se desarrolla en el periodo comprendido entre Julio del 2014 a Noviembre del 2014.

3.3. Metodología

Tabla 8: Metodología de la investigación

Criterio	Tipo de metodología
Tipo	Metodología Aplicada
Nivel	Descriptivo - explicativo
Método	Científico, con el alcance de análisis, descriptivo
Diseño	Como estrategia se ha considerado como una metodología por objetivos

(Fuente: Elaboración propia)

3.4. Población en estudio:

En este caso específico se estudió una sola planta de tratamiento de agua potable.

3.4.1. Muestra

Para el estudio del agua se tomó muestras siguiendo el protocolo establecido para el caso específico; para el estudio relacionado con la comunidad se tomará una muestra probabilística, tomando como base el total de usuarios de la planta.

3.4.1.1. Tamaño Muestral

Para el tamaño de la muestra, se usó el muestreo no probabilístico³⁵, ya que la investigación es de nivel descriptivo – explicativo, y las muestras serán seleccionadas por ser las más accesibles para la investigación.

Tomando como referencia lo dicho anteriormente y dado que la población de la ciudad de San Marcos actualmente está próxima a los 9,000 habitantes, de los cuales el 80% son usuarios de la PTAP, se considerará tomar datos a 200 usuarios de la PTAP – El calvario.

3.5. Procedimiento

3.5.1. Reconocimiento, descripción del sistema

3.5.1.1. Descripción de la Planta de tratamiento de agua Potable para consumo Humano para la ciudad de San Marcos – PTAP El Calvario.

La Planta de Tratamiento de Agua para Consumo Humano, es parte del proyecto “Mejoramiento y Ampliación de los Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado de la Ciudad de San Marcos”.

El diseño de la Planta de Tratamiento de Agua para Consumo Humano ejecutado por el Consultor Nippon Jogesuido Sekkei (NJS), se ha desarrollado en base al diseño original elaborado por el Gobierno Regional de Cajamarca, la construcción de la planta se inició el año 2010 y se concluyó a finales del 2011.

Con la construcción de la PTAP, se ha pretendido solucionar el problema de saneamiento de la ciudad de San Marcos, dándole un adecuado sistema de abastecimiento de agua, el proyecto contempla que para el abastecimiento de agua

³⁵ Tomado de: <https://explorable.com/es/muestreo-no-probabilistico>

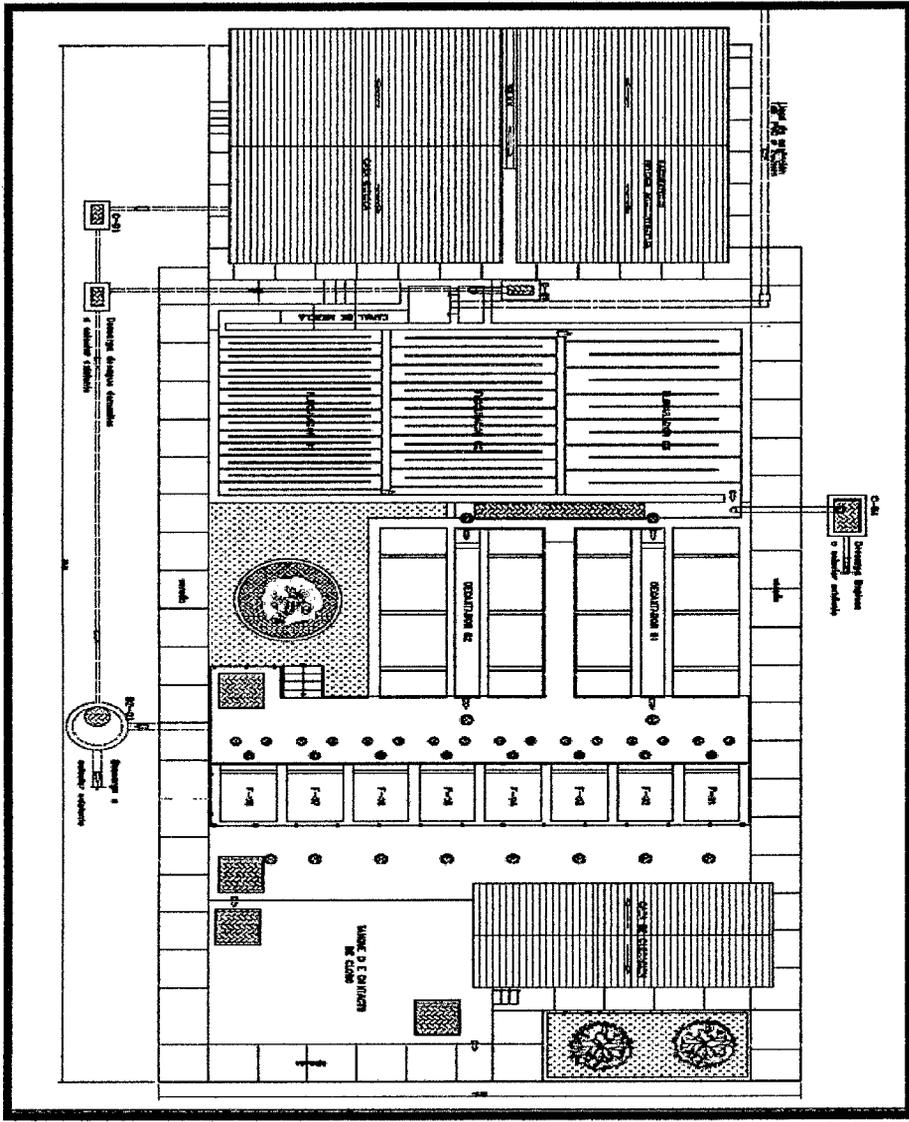
y tratamiento del agua para consumo humano, se atenderá al 90% de la población y al final del año horizonte (2027), la cobertura del sistema de saneamiento será del 95% de la población.

3.5.1.1.1. Normas de diseño

Para el diseño y cálculo de cada uno de los procesos de tratamiento de aguas para la ciudad de San Marcos, se ha respetado las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, en especial la Norma OS.020 – Plantas de tratamiento de agua para consumo humano, publicado en junio del año 2006.

De otra parte, el Reglamento Nacional de Edificaciones de junio de 2006, en el Título I – Generalidades - capítulo G.010 - Consideraciones Básicas – especifica en su Artículo 1 “El Reglamento Nacional de Edificaciones tienen por objeto normar los criterios y requisitos mínimos para el Diseño y Ejecución de las Habilitaciones Urbanas y las Edificaciones, permitiendo de esta manera una mejor ejecución de los Planes Urbanos”. Por tanto, en el diseño se ha aplicado el concepto que las Normas Técnicas establecen los requisitos mínimos para el diseño de las diferentes obras civiles que conformarán la planta de tratamiento de aguas de la ciudad de San Marcos.

Figura 5: Distribución de la Planta de Tratamiento de Agua Potable – El Calvario



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

3.5.1.1.2. Población

La población estimada de San Marcos al año 2007 es de 7,619 habitantes, de los cuales solamente cuentan con conexiones domiciliarias unas 5,919 personas y se

calcula que al año 2027 correspondiente al horizonte etapa del proyecto la población total ascenderá a 12,551 habitantes y la atendida a 11,923 personas con una cobertura del orden del 95%. La población para diferentes períodos del proyecto para la localidad de San Marcos se presenta en la tabla No. 15

Tabla 9: Cobertura de la Población

Año		Población total	Cobertura	Población servida
		Hab	(%)	hab
0	2007	7,619	77.7%	5,919
1	2008	7,870	90.0%	7,083
5	2012	8,891	91.1%	8,095
10	2017	10,173	92.4%	9,397
15	2022	11,412	93.7%	10,691
20	2027	12,551	95.0%	11,923

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

3.5.1.1.3. Demanda de Agua Para consumo humano

La demanda de agua para consumo humano depende de las características del desarrollo socio económico de la ciudad o comunidad, de la temperatura medio ambiental, del nivel de desarrollo comercial e industrial del área y de los hábitos de higiene de la población, combinándose con el grado de desperdicio como consecuencia del estado de las tuberías de la red de distribución. La tabla N° 16 ha sido elaborado teniendo en las proyecciones de ampliación del servicio de abastecimiento de agua de San Marcos establecido en el Perfil Reforzado – Gobierno Regional de Cajamarca.

Tabla 10: Demanda de agua para consumo humano

Año		Población	Caudal	Caudal	Caudal
		Servida	Promedio	Máximo Diario	Máximo Horario
		Hab	L/s	L/s	L/s
0	2007	5,919	12.64	16.43	22.74
1	2008	7,083	13.74	17.87	24.74
5	2012	8,095	15.57	20.24	28.03
10	2017	9,397	17.87	23.24	32.17
15	2022	10,691	20.11	26.15	36.20
20	2027	11,923	22.19	28.85	39.95

Fuente: Perfil Reforzado – Gobierno Regional de Cajamarca

3.5.1.1.4. Capacidad de tratamiento

Al año 10, correspondiente a la primera etapa del proyecto, la demanda máxima horario de agua es de 23.24 L/s. Sin embargo, al disponerse de aguas provenientes de los manantiales El Naranjo y San Luis con una capacidad conjunta de 6.0 L/s y que no requieren tratamiento de clarificación, se tiene que la demanda de agua tratada es de 17.24 L/s, lo que equivale a una capacidad total de tratamiento de 18.5 l/s. Para el caso del año 20, la demanda máxima de agua de la ciudad de San Marcos es de 28.85 L/s, que restados los 6.0 L/s producido por los manantiales, se tiene que la demandan de agua tratada es de 22.85 L/s por lo que la capacidad de tratamiento debe ser de 24.6 L/s. En el cuadro 5.4 se indica la demanda de agua por tratamiento.

Tabla 11: Capacidad de la planta de tratamiento de Agua Potable

AÑO	POBLACION		CAUDAL			
	SERVIDA		(l/s)			
	Hab	Demanda Máxima diaria	Fuentes sin tratamiento*	Déficit de agua	Capacidad de planta de tratamiento	
0 2007	5,919	16.43	6.0	10.43	11,2	
1 2008	7,083	17.87	6.0	11.87	12,8	
5 2012	8,095	20.24	6.0	18.24	15,3	
10 2017	9,397	23.24	6.0	17.24	18,5	
15 2022	10,691	26.15	6.0	20.15	21,7	
20 2027	11,923	28.85	6.0	22.85	24,6	

* Conformado por los manantiales El Naranjo y San Luis

Fuente: Perfil Reforzado – Gobierno Regional de Cajamarca

De acuerdo con el Perfil Reforzado, el diseño de las obras se debe ejecutar para el horizonte del proyecto y definido para el año 2027. El esquema de tratamiento está compuesto por una planta de filtración rápida del tipo tasa declinante y autolavado con capacidad para tratar el caudal de 25 L/s. Sin embargo, durante el diseño se contempla el comportamiento de los procesos de tratamiento en el rango de caudales que se presenta entre los años 2008 y 2027 y que va desde los 13.0 a 25.0 L/s.

3.5.1.1.5. Procesos de tratamiento

La planta de filtración rápida está construida para una capacidad de producción inicial de 13.0 l/s, llegando al final del periodo de diseño con una producción de 25.0 l/s. El sistema de tratamiento consta de:

- Casa de químicos,
- Área administrativa
- Mezclador hidráulico tipo rampa,
- Floculador hidráulico de pantallas de flujo horizontal,

- Canal de recolección y distribución de agua floculada,
- Decantadores dobles de placas paralelas,
- Filtros rápidos de autolavado
- Sala de cloración,
- Tanque de contacto de cloro, y
- Cámara de bombeo de lavado de filtros.

La planta de tratamiento tiene 13.15m de ancho, 19.60m de largo y abarca un área de 260 m² y la casa de químicos tiene 6.40m de ancho por 6.60m de largo. El área administrativa compuesta por el laboratorio de control de procesos, SS.HH y oficina para el encargado de la operación de la planta tiene 5.95m de ancho por 7.40 m de largo. Las características de cada uno de los procesos de tratamiento son:

a. Casa de químicos

La casa de químicos estará compuesta por el almacén y la sala de dosificación y tienen capacidad para atender la demanda hasta el año horizonte del proyecto y para un caudal de 25 L/s.

- **Sala de dosificación**

La sala de dosificación cuenta con cuatro tanques de concreto de 1.2m³ de capacidad de 1.00 m de largo, 1.00 m de ancho y 1.20 m de altura útil. Dos tanques son para la preparación de la solución al 2% de sulfato de aluminio y tienen un periodo de retención de 12 horas. La capacidad de cada tanque está prevista de manera que se agreguen $\frac{3}{4}$ de bolsa (38Kg) de sulfato de aluminio de 50 kg. Para obtener la solución al 2%. Se han previsto las instalaciones necesarias para que dos tanques puedan operar indistintamente con dos bombas dosificadoras de 0.5 hp (una alterna) para la aplicación del coagulante, cuya dosis se ajustara con un rotámetro. El sistema debe tener capacidad para operar en un rango de 0 a 1,000 l/h.

Para atender la posibilidad de que el agua a tratar necesite modificar el pH y la alcalinidad para mejorar la coagulación o para producir un efluente neutro, se han considerado dos tanques adicionales para preparar la suspensión de cal. Todos los

tanques están provistos de agitadores eléctricos para preparar la solución de sulfato de aluminio y para mantener la suspensión de cal.

- **Almacén**

Se ha considerado para efectos de cálculo dosis de 30 y 6 mg/l de sulfato de aluminio, así como un periodo de almacenamiento de 30 días, lo que determina la necesidad de 8 bolsas de sulfato de aluminio de 50 kg. En el caso de la cal, se ha considerado dosis de 30 y 6 mg/l, y al igual que para el caso anterior, un período de almacenamiento de 30 días, lo que determina la necesidad de 8 bolsas de cal de 50 kg. Ambos reactivos se apilarán en tarimas de madera de 1.2m por 1.20m.

- b. Área administrativa**

El área administrativa está compuesta por la oficina del jefe de planta y el laboratorio de control de procesos.

- **Oficina**

Esta oficina destinado al jefe de la planta tiene un escritorio para el encargado de la planta, un computador para el control en forma electrónica de los datos y una mesa para que los operadores llenen sus formularios de control de calidad de agua cruda, decantada, filtrada y tratada por lo menos cada 4 horas.

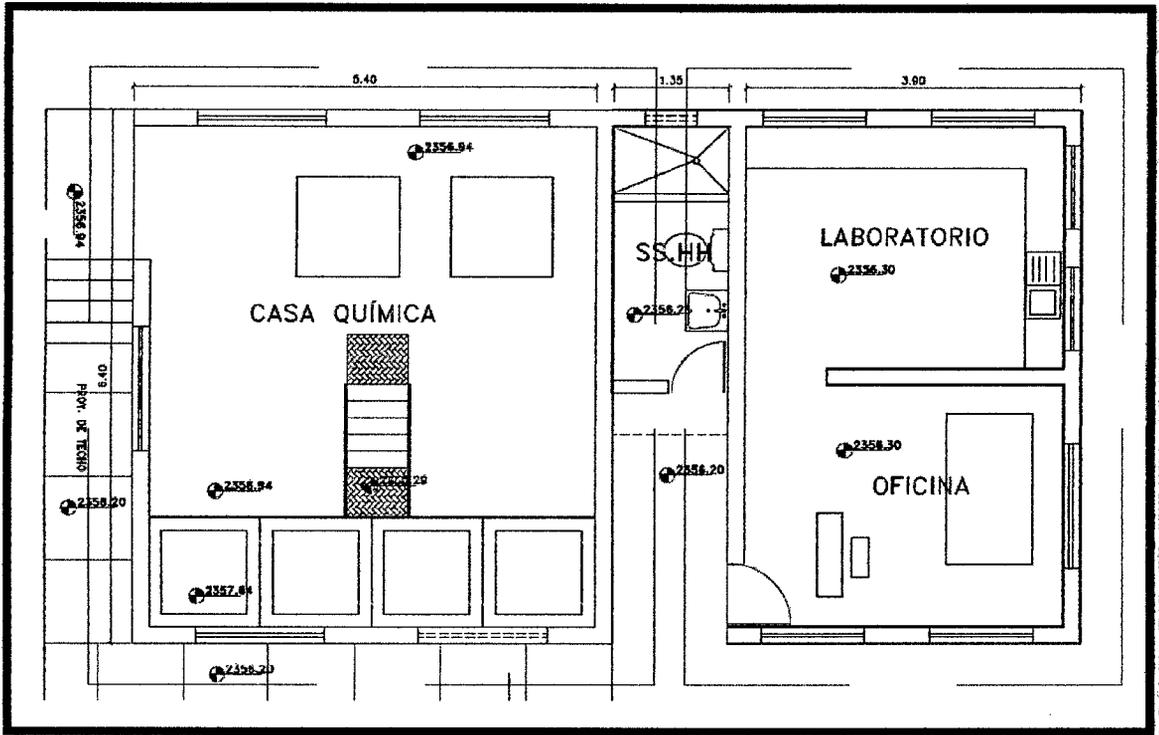
- **Laboratorio**

Durante la operación de la planta se deberá determinar la dosis optima de coagulante a aplicar y controlar la eficiencia del sistema y la calidad del agua producida cada 4 horas, mediante los parámetros básicos de calidad: turbiedad, pH, alcalinidad y cloro residual. Para este fin, se ha previsto un pequeño laboratorio que cuenta con los siguientes equipos:

- ◆ Turbidímetro nefelométrico
- ◆ Medidor de pH
- ◆ Bureta
- ◆ Equipo de prueba de jarras, con 6 jarras de 1 litro con deflectores
- ◆ Comparador de cloro
- ◆ Vidriería: pipetas, vasitos, baguetas, etc.

- ◆ Materiales: papel Whatman 40, 6 embudos de plástico y vasitos de plástico.

Figura 6: Distribución de Casa de químicos y área administrativa de PTAP.



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

c. Provisión de agua y control

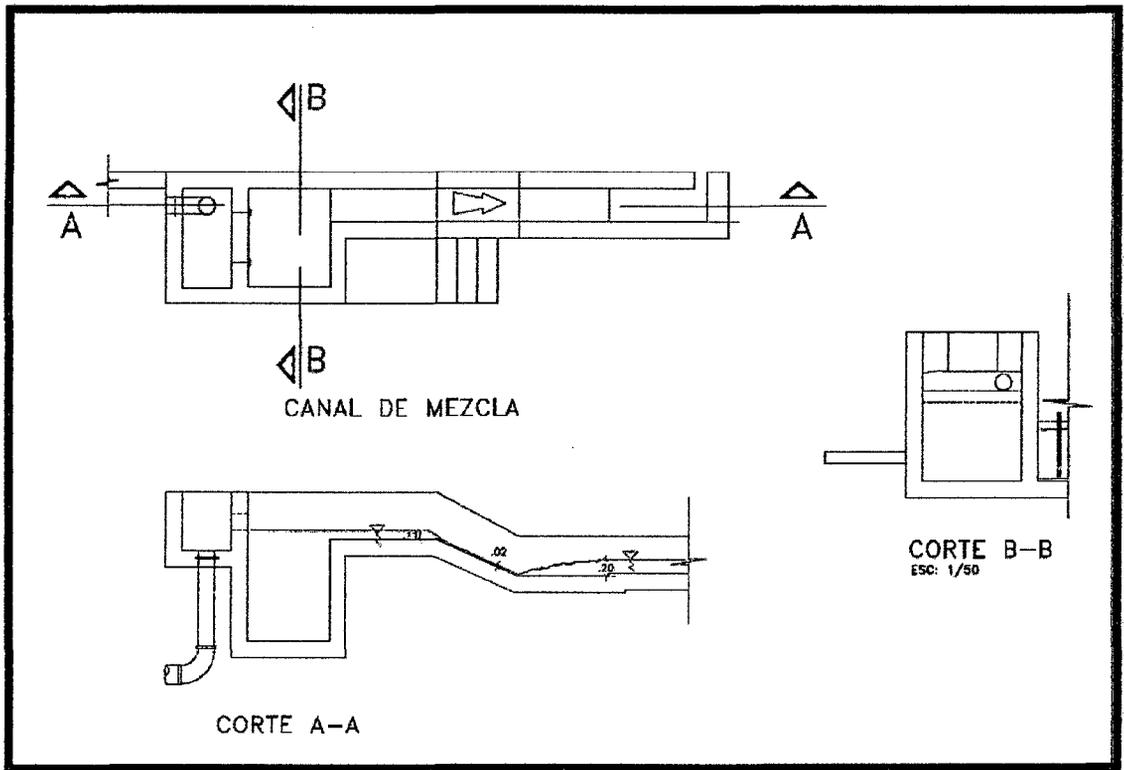
- **Canal de alimentación**

La alimentación a la planta de tratamiento de agua para consumo humano de la ciudad de San Marcos está compuesta por una tubería de 200 mm de diámetro que conducirá las aguas crudas hasta la entrada a la PTAP, descargándolas en la parte baja de un cámara de carga de 1.00m de ancho y largo y 1.20 m de altura.

- **Aliviadero**

La parte alta de la cámara de carga cuenta con un vertedero graduable para el control de la cantidad de agua a ser tratada. Los excedentes de agua se evacuan al sistema de drenaje de las aguas de lavado de los diferentes procesos de tratamiento o purga de sedimentadores.

Figura 7: Esquema del canal de alimentación y mezcla rápida PTAP – El calvario



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

d. Mezcla Rápida

La unidad de mezcla rápida es del tipo rampa, consistente en una caja de ingreso de 1 x 1.2m en sección, seguida de una rampa de 0.45 m de alto, 0.40 m de ancho y 1.00 m de longitud. Ver tabla 18.

Tabla 12: Características de canal de mezcla rápida

CARACTERISTICAS	RESULTADOS	UNIDAD
Caudal	0.025	m ³ /s
Ancho del canal	0.4	m
Largo horizontal del canal	1.00	m
Altura de caída	0.45	m
Número de Froude	6.44	-
Gradiente de velocidad	1237	s ⁻¹
Tiempo de retención	2	s

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

Del análisis de la tabla 18 se puede observar que el diseño cumple con las recomendaciones produciéndose un Número de Froude de comprendido entre 4.5 y 9.0, por lo que el resalto será estable, con gradientes de velocidad de 1,237 s⁻¹ y un tiempo de retención de dos segundos. En el origen del resalto está ubicado un difusor de 1" de diámetro con ocho orificios de 1/2" espaciados a 0.05 m centro a centro para aplicar el sulfato de aluminio. Al final del resalto (2.1 m de la base de la rampa), se encuentra una grada de tres centímetros de alto. La altura del agua en el vertedero que se forma en la coronación de la rampa varía desde 0.060 a 0.105 m para la gama de caudales a ser tratados y comprendido entre 13 a 25 L/s.

e. Floculador

Está conformado por una unidad del tipo horizontal con tres compartimientos de ancho común de 5.21m y largos de 3.94, 4.04 y 4.28 respectivamente y con 0.6m de tirante de agua, las pantallas de floculación de madera revestida con fibra de vidrio de 0.04m.

El primer compartimiento tendrá 25 canaletas cuyo ancho es de 0.174m y ancho de vuelta de 0.26m.

El segundo compartimiento tendrá 19 canaletas cuyo ancho es de 0.231m y ancho de vuelta de 0.347m.

El segundo compartimiento tendrá 12 canaletas cuyo ancho es de 0.379m y ancho de vuelta de 0.568m.

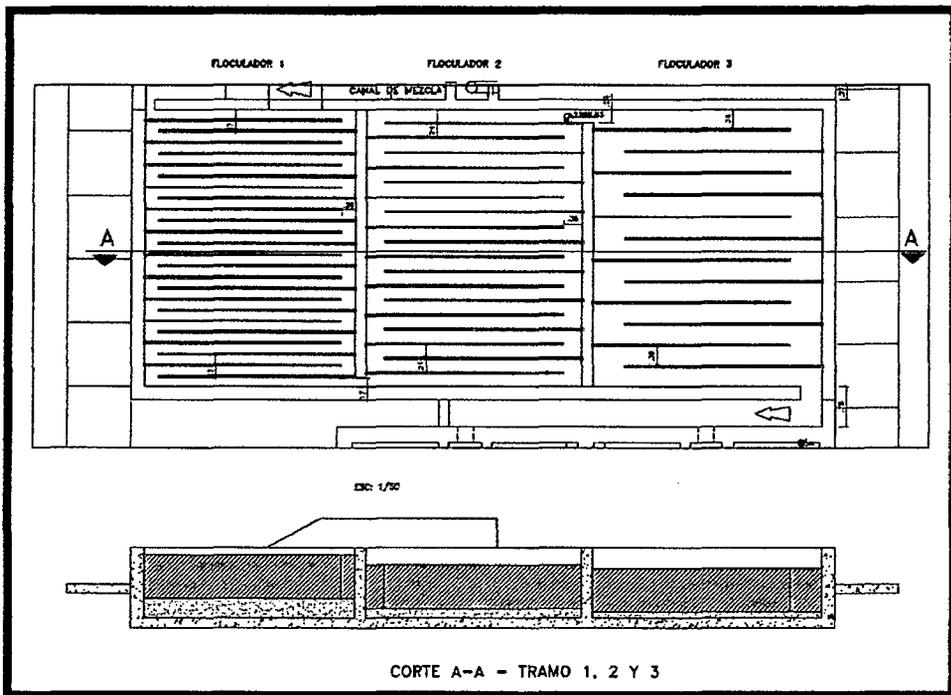
El Cuadro 5.6 sintetiza las características y parámetros de diseño de la unidad, operando con los caudales de inicio de primera etapa, fin de primera etapa y segunda etapa.

Tabla 13: Características de los floculadores

Tramo	Long. tramo (m)	Largo comp. (m)	N° comp.	Tirante agua (m)	G (s-1)		T (min.)		hf (m)	
1	5.21	3.94	25	0.60	64	72	7.4	6.9	0.21	0.25
2	5.21	4.04	19	0.60	38	46	8.0	7.1	0.08	0.10
3	5.21	4.28	12	0.60	19	21	8.9	7.7	0.02	0.02
Totales:							24.4	21.7	0.31	0.37

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

Figura 8: Esquema de distribución de los floculadores – PTAP El Calvario.

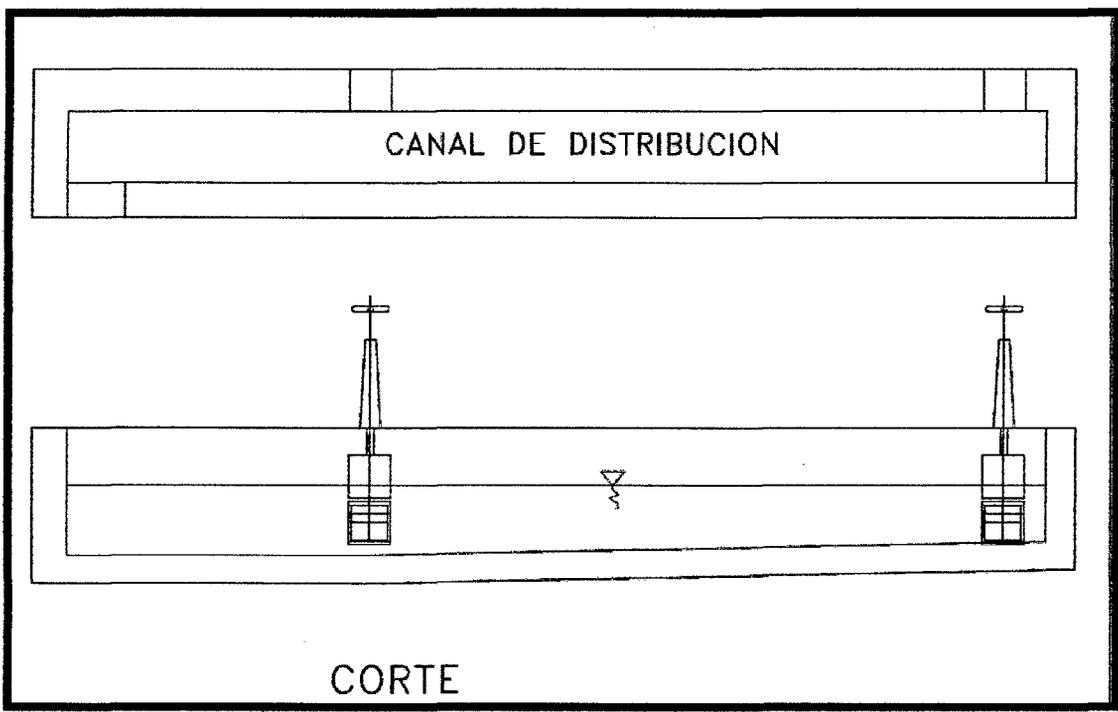


(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

f. Canal de distribución de Agua Floculada

Este canal tendrá el objetivo de realizar la distribución uniforme del agua floculada a los dos sedimentadores laminares. El ancho es de 0.50 m y altura útil variable entre 0.5 y 0.40 m. La alimentación a cada sedimentador laminar se hará por medio de tres ventanas de 0.3m de ancho por 0.2 m de altura, en los que al paso del agua se producirá un gradiente de velocidad aceptable de 16.1 s^{-1} . En estas condiciones, la diferencia de caudal de diseño entre la primera y la última unidad será de 1.6%.

Figura 9: Esquema del canal de distribución de agua floculada – PTAP El Calvario



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

g. Sedimentadores laminares de placas

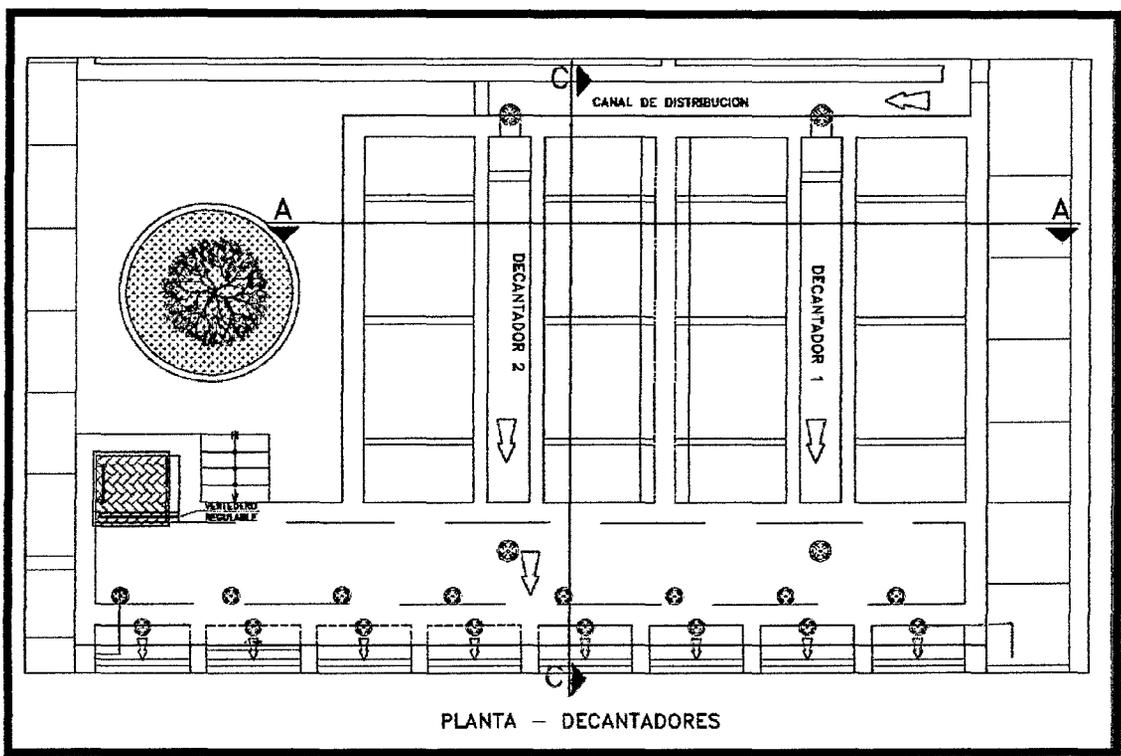
Se han proyectado dos unidades donde cada uno cuenta con dos zonas de sedimentación de 1.60 m de ancho por 5.35 m de largo. Estas unidades se componen de las siguientes estructuras: a) canal interior de distribución de agua floculada por debajo de las placas, b) zona de sedimentación entre placas

paralelas, c) sistema de recolección de agua decantada y d) sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de los lodos.

- **Canal central de distribución de agua floculada**

Para distribuir el agua floculada por debajo de las placas, se ha considerado un canal central de 0.6 m de ancho, 5.35 m de largo y altura variable entre 0.60 y 2.0 m. A cada lado del canal se ha proyectado una hilera de 6 orificios de 110mm de diámetro espaciados a 0.78 m centro a centro. El diseño permite una desviación de caudal nula entre el primer y el último orificio y la gradiente de velocidad al paso por los orificios será de 12.9 s^{-1} .

Figura 10: Esquema de distribución de decantadores, canal de recolección de agua decantada – PTAP El Calvario.

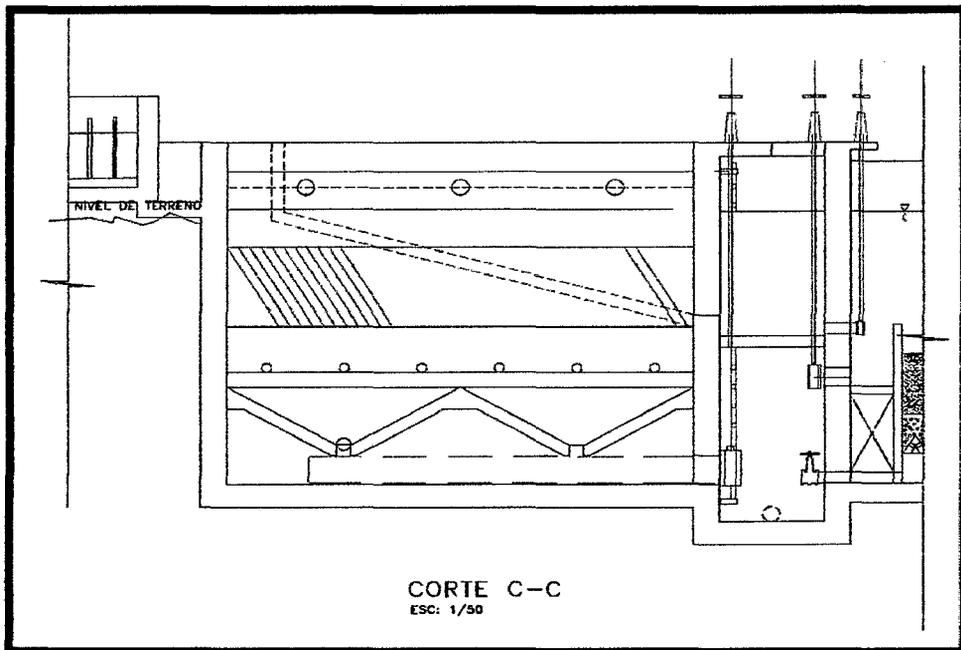


(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

- **Zona de sedimentación**

Se han construido decantadores de placas diseñados con una tasa real de $15.0 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$. Cada unidad está constituida por dos módulos de placas paralelas de 1.04 m de alto por 1.60 m de ancho y 5.35 m de largo, ubicados a cada lado del canal central de distribución de agua floculada. Cada módulo estará compuesto por 34 placas de 1.60 m de ancho, 1.20 m de alto y 0.08 mm de espesor, inclinadas a 60° . Las placas son de vinilo reforzadas con hilos de poliéster de alta tenacidad (KP 500 ó 1,000), recubiertas por ambos lados con PVC de formulación especial. Las placas de vinilo reforzado tendrán bastas en todo el contorno, cabos o refuerzos internos en los cuatro lados y estarán provistas de planchas de aluminio en las cuatro esquinas fijadas mediante pernos de acero inoxidable a los perfiles ubicados en las paredes de los canales laterales, que servirán para templar las vinilonas en sus cuatro esquinas. Los perfiles ubicados en las paredes de los canales laterales son de 90° , con orificios espaciados cada 14 cm. centro a centro. El perfil superior se ubicará a 1.50 m del borde superior del decantador, de tal manera que el nivel superior del módulo de decantación este sumergido 1.0 m bajo el agua. Las lonas se instalarán formando un ángulo de 60° con el plano horizontal, por lo que el perfil inferior se colocará paralelo al anterior a una distancia de 1.04 m y con los orificios dispuestos en forma similar.

Figura 11: Corte A de Decantadores – PTAP El Calvario



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

- **Sistema de recolección de agua decantada**

Se ha construido un sistema de recolección con una tasa de 1.42 l/s x m y compuesto por 3 tubos de PVC de 200 mm de diámetro y 1.60 m de largo en cada módulo de decantación, la tubería cuenta con 16 orificios de 1/2" espaciados cada 0.1m. La tubería está sujeta por ambos extremos en la pared y con conexiones de unión flexible que permita girar el tubo, la rotación del tubo ayuda al control del caudal a tratar en distintas etapas.

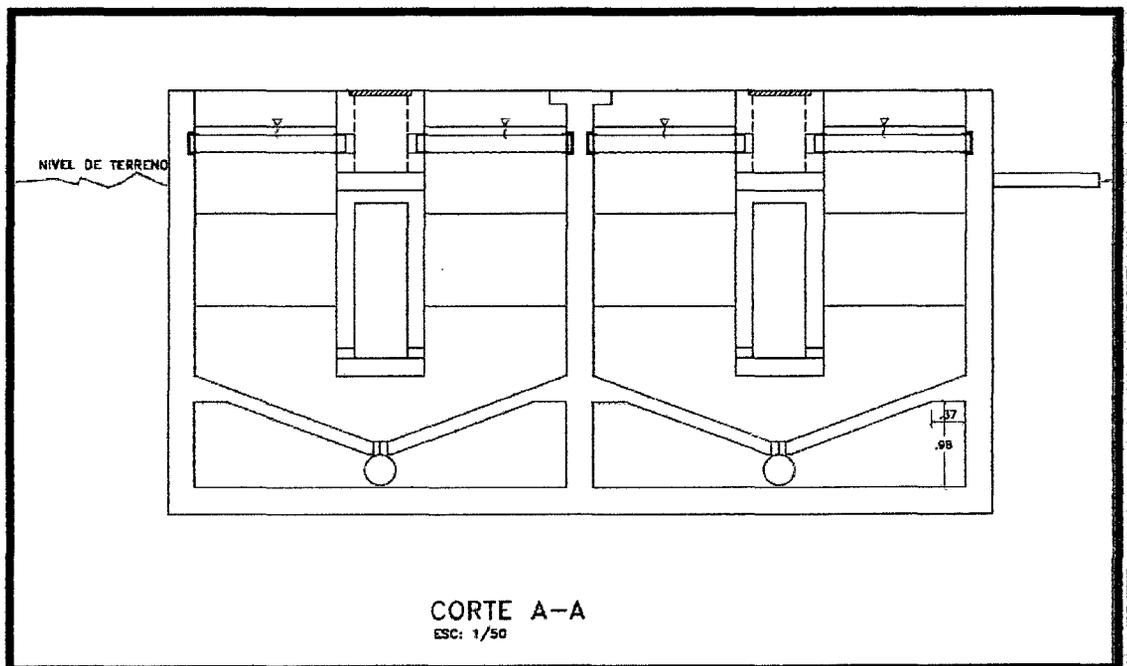
- **Sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de lodos**

Cada unidad tendrá un sistema de almacenamiento de lodos consistente en dos tolvas de forma tronco piramidal y un colector múltiple. Cada tolva tiene una base de 2.67m x 4.2 m y 0.75 m de altura. La tasa de producción de lodos ha sido

estimada en 0.005 litros de lodo por cada l/s de agua tratada. El volumen total de almacenamiento es de 11.24 m³ y la frecuencia máxima de descarga en época de lluvias está prevista en 2 días.

En el vértice de cada tolva se ha considerado un orificio de 200mm de diámetro, por el que ingresará el lodo al colector-extractor de lodos. El colector será de PVC de 350 mm o 14" de diámetro y está diseñado para extraer en forma pareja y simultánea el lodo de las dos tolvas. El control se ejecutará por medio de una válvula mariposa del mismo diámetro, la misma que operará con una carga hidráulica de 3.60 m.

Figura 12: Corte B de Decantadores – PTAP El Calvario



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

h. Batería de filtros rápidos

El sistema de filtración consta de una batería de ocho filtros de arena, preparados para operar con tasa declinante y auto lavado o lavado mutuo. Los filtros tienen canales laterales de aislamiento y de interconexión, lo cual facilitará sacar de operación una unidad, mientras las restantes siguen operando.

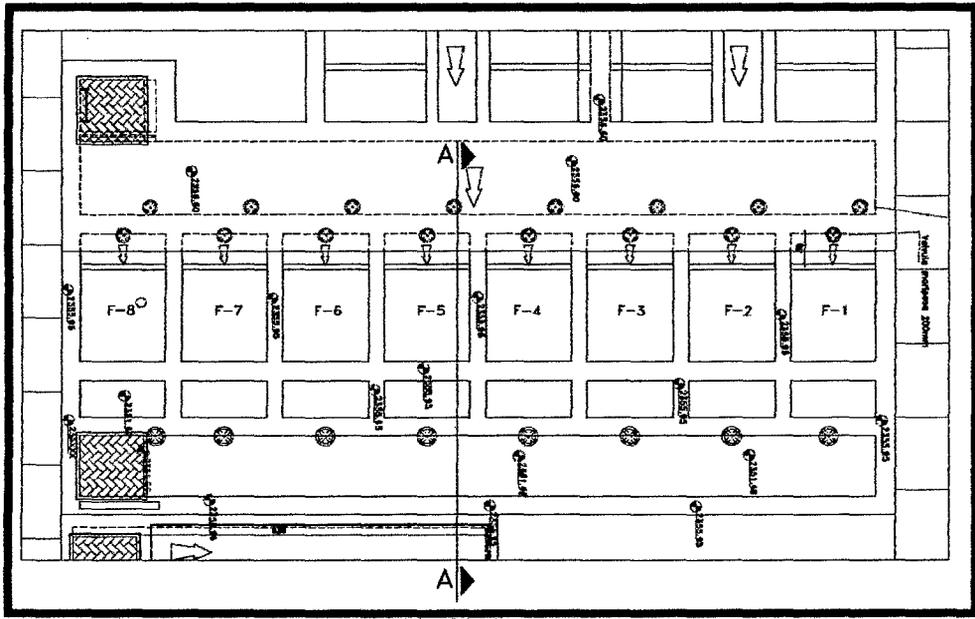
La tasa promedio de operación, tasa de lavado, carga de lavado y carga hidráulica para la operación, variarán con el caudal de operación, según se indica en la tabla 20. Para un rango de caudales entre 13 a 25 L/s.

Tabla 14: Variación de los parámetros operacionales de la planta de acuerdo al caudal

Parámetros operacionales	Caudal (l/s)		
	25	18	13
Tasa de filtración (m ³ /m ² .d)	133	96	69
Tasa de lavado (m/min.)	0.74	0.74	0.74
Tasa de lavado real (m/min)	0.74	0.53	0.39
Carga de lavado (m)	3	3	3
Expansión (%)	22	22	22
Carga hidráulica (m)	3.6	3.6	3.6
Borde libre	0.65	0.65	0.65
Altura total del filtro (m)	4.25	4.25	4.25

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

Figura 13: Esquema de Distribución de Batería de filtros rápidos, PTAP El Calvario.



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

El lecho filtrante apropiado, es un medio simple de arena de 0.80 m de espesor y de las características indicadas en la tabla 21.

Los parámetros ideales han sido definidos para el caudal de 25 L/s. En este caso la tasa de filtración es de $133 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times \text{d}$ y la velocidad de lavado de 0.74 m/min., obteniéndose una expansión de 22% con el material indicado en la tabla 21. En la tabla 20 se puede observar que la expansión promedio que se obtendría de 22% operando con caudales de 13 a 25L/s, la tasa de lavado para caudales de 13 y 18l/s es de 0.39 y 0.53 m/min respectivamente lo que indica un déficit para el lavado de un filtro con esos caudales de tratamiento, para esta condición se ha proyectado un sistema adjunto a la planta para suministrar la cantidad de agua necesaria para el lavado de las unidades de filtración. En la tabla 22 se indica el volumen de agua necesaria para el lavado de las unidades de filtración basado en la capacidad de tratamiento.

Tabla 15: Especificaciones del medio filtrante

Tamaño	Unid	Dimensiones
Efectivo	mm	0.65
Mínimo	mm	0.42
Máximo	mm	1.41
C.U.		1.50

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

Tabla 16: Volumen adicional de agua para lavado de filtros

Caudal	Unid	Dimensiones
11	m ³	8.4
15	m ³	6.0
18	m ³	4.2
21	m ³	2.4
25	m ³	0.0

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

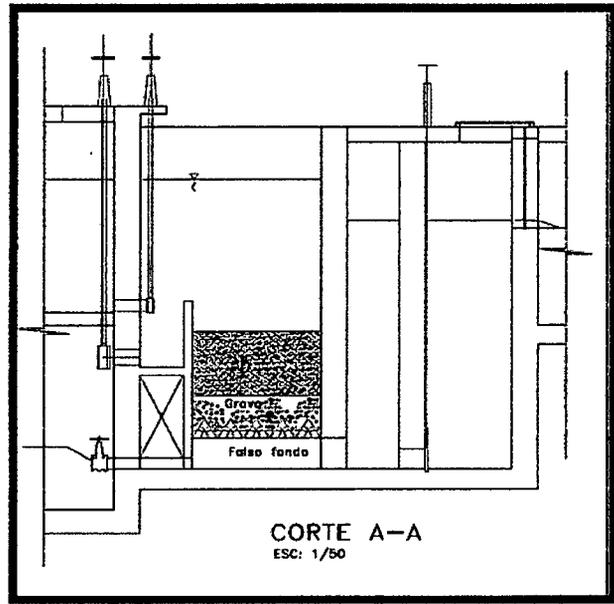
El drenaje proyectado está compuesto por viguetas de concreto prefabricadas de 0.30 m de ancho y 0.25 m de alto, según se detallan en los planos respectivos. La distribución de tamaños y alturas de grava apropiadas a este tipo de drenaje se indican en la tabla 23.

Tabla 17: Especificaciones de la capa de soporte de grava para viguetas prefabricadas

Capa	Espesor (cm.)	Tamaño (pgd)
1	7.5	1/8" - 1/4"
2	7.5	1/4" - 1/2"
3	7.5	1/2" - 3/4"
4	10.0	3/4" - 1 1/2"
Fondo	12.5	1 1/2" - 2"
Total	45.0	

(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

Figura 14: Esquema de Filtro rápido, PTAP – El Calvario.



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

La instalación de filtración está compuesta por un canal de distribución de agua decantada de 1.20 m de ancho equipados con válvulas de mariposa de 150 mm de diámetro a la entrada de agua decantada a cada filtro. Debajo de este canal se

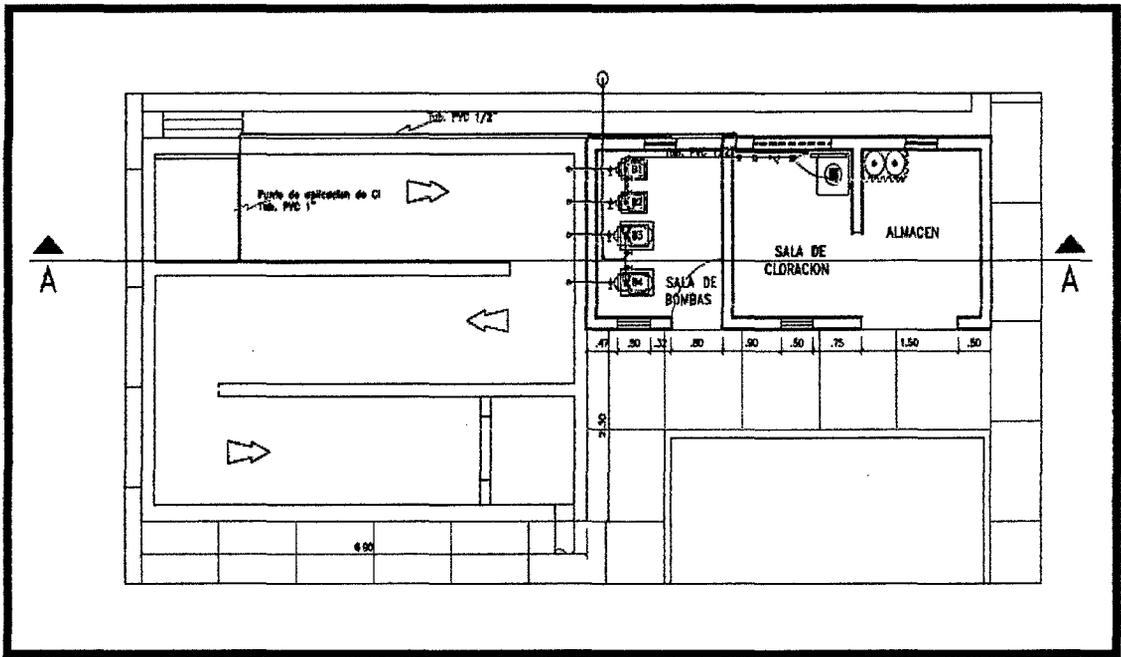
encuentra el canal de disposición de agua de lavado. La descarga del agua de retro-lavado se efectúa mediante válvulas tipo mariposa de 200 mm de diámetro.

Cada filtro tiene un canal de aislamiento de 0.60 m de ancho, el cual se comunica con el canal de interconexión de la batería mediante una compuerta de 0.25 x 0.25 m. En un extremo del canal de interconexión se encuentra un vertedero de 1.00 m de ancho el cual proporciona la carga para la operación de lavado. Este vertedero es graduable con el fin de poder instalar la carga de lavado necesaria de acuerdo al caudal de operación según se indica en la tabla 20.

i. Caseta de cloración

Se ha diseñado una caseta de cloración compuesta por tres ambientes: sala de cloradores, sala de bombas y almacén de cilindros de cloro. En el diseño se ha asumido una dosis máxima de 3 mg/l y se han seleccionado dos equipos de 750 g/h de capacidad, una balanza para dos cilindros y dos bombas de alimentación a los cloradores. Se necesitan 3 cilindros de 75 Kg. en total para un periodo de 30 días.

Figura 15: Esquema de distribución de Cámara de contacto de cloro y caseta de cloración, PTAP – El Calvario.

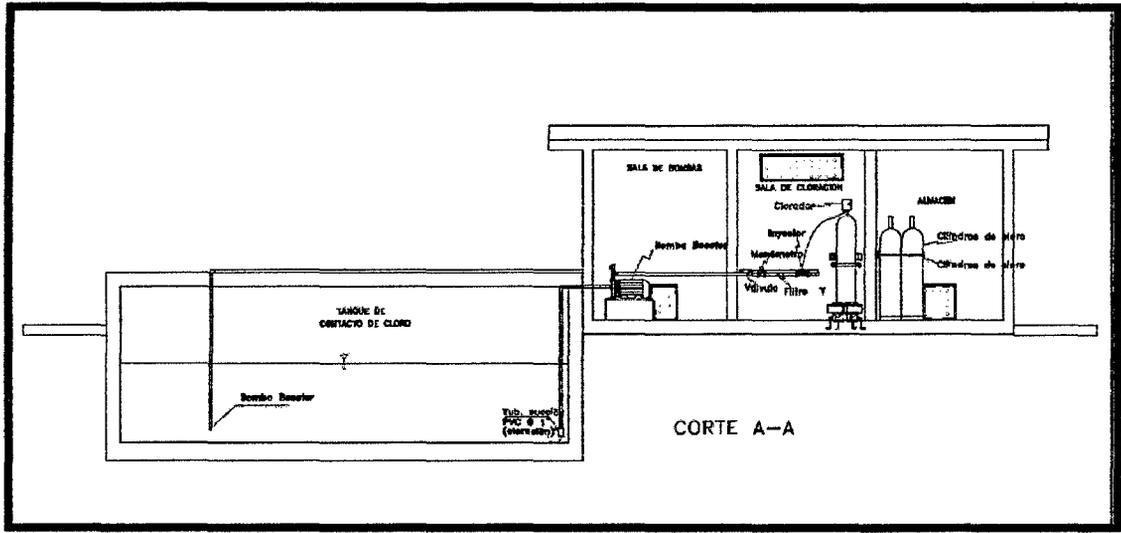


(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

j. Cámara de contacto

A continuación del canal de interconexión de los filtros, se ha considerado la cámara de contacto de cloro que tiene un tiempo de retención de 20 minutos y está compuesta por 3 canales de 1.3 m de ancho y 6.50 m de largo. El difusor se ha colocado en la caída que produce el vertedero que controla la carga de lavado de los filtros, punto en el que se inicia la cámara de contacto del cloro. Así mismo, se ha considerado que las necesidades de agua de lavado de los filtros sean obtenidas de esta instalación.

Figura 16: Corte (Elevación) de Cámara de contacto de cloro y caseta de cloración, PTAP – El Calvario.



(Fuente: Expediente Técnico Proyecto: Mejoramiento y Ampliación de los sistemas de Agua potable y alcantarillado de la ciudad de San Marcos)

3.5.2. Aplicación del formato para el diagnóstico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (Adaptado de PROPILAS)

FORMATO N°01

ESTADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

A. UBICACIÓN:

1. Departamento:
2. Provincia:
3. Distrito:
4. Altura (msnm)
5. Promedio de integrantes por familia:
6. Explique cómo se llega la planta de tratamiento desde la capital de distrito.

desde	hasta	Tipo de Vía	Medio de Transporte	Distancia (km)	Tiempo (h)

7. Fecha en la que se concluyó la planta de tratamiento de agua potable:
8. Institución ejecutora:
9. Tiene Cerco perimétrico:
 - Sí
 - No
10. Estado del Cerco Perimétrico
 - Buen estado
 - En mal estado

11. Identificación de peligros

Proceso	Identificación de peligros							
	No presenta	huayco	Crecida o avenidas	Hundimiento de terreno	inundaciones	Deslizamientos	Desprendimiento de rocas o arboles	Contaminación del agua
Casa de químicos								
Área administrativa								
Mezclador Rápido								
Floculador								
Recolección de Agua Floculada								
Decantadores								
Filtros								
Sala de cloración								
Contacto de cloro								

12. ¿Qué tipo de fuente de agua abastece a la PTAP?

- Manantial
- Pozo
- Agua Superficial

13. ¿Cómo es el sistema de abastecimiento?

- Por gravedad
- Por bombeo

B. COBERTURA DEL SERVICIO:

14. ¿Cuántos usuarios se benefician con la Planta de tratamiento de agua potable? (Indicar Numero)

C. CANTIDAD DE AGUA:

15. ¿Cuál es el caudal producido por la Planta en Épocas de sequía? En l/s

16. ¿Cuántas conexiones domiciliarias abastece la planta? (indicar número)

D. CONTINUIDAD DEL SERVICIO:

17. ¿Cómo es el funcionamiento de los filtros?

FILTROS	Descripción			
	Permanente	Baja cantidad pero no se seca	Se seca totalmente en algunos meses	Caudal
Filtro I				
Filtro II				
Filtro III				
Filtro IV				
Filtro V				
Filtro VI				
Filtro VII				
Filtro VIII				

18. ¿En los últimos 12 meses como ha sido la producción de agua filtrada?

- Todo el día durante todo el año
- Por horas solo en épocas de sequia
- Por horas todo el año
- Solamente algunos días por semana

E. CALIDAD DEL AGUA:

19. ¿Se clora el agua filtrada permanentemente?

Si..... No.....

20. ¿Cuál es nivel de cloro residual?

DESCRIPCION			
Lugar de toma de muestra	Baja Cloración (0-0.4 mg/lit)	Ideal (0.5-0.9 mg/lit)	Alta cloración (1.0 - 1.5 mg/lit)
Inicio de Cámara de Contacto			
Parte media de cámara de contacto			
Salida de cámara de Contacto de Cloro			

21. ¿Cómo es el agua que sale de la cámara de contacto de cloro?

Agua Clara..... Agua turbia..... Agua con residuos extraños

22. ¿Se ha realizado análisis bacteriológico en los últimos 12 meses?

Si..... No.....

23. ¿Quién supervisa la calidad del agua?

- Municipalidad
- MINSA
- JASS
- Otro
- Nadie

F. ESTADO LA INFRAESTRUCTURA:

○ **Casa de Químicos**

24. Estado de la casa de químicos

Casa de químicos																
Sala de dosificación	Tanques de dosificación									Agitadores Eléctricos/Mecánicos						
	tanque 1				tanque 2					Agitador 1			Agitador 2			
	B	R	M	material		B	R	M	material		B	R	M	B	R	M
				Concreto	Artesanal				Concreto	Artesanal						

25. Estado del área administrativa (oficina)

Oficina	Escritorio					Computadora		
	B	R	M	Material		B	R	M
				Madera	Metal			

26. Estado del área administrativa (laboratorio)

LABORATORIO		
EQUIPOS	Tiene	No tiene
Turbidimetro nefelometrico		
Medidor		
Bureta		
Equipo de prueba de jarras		
Comparador de cloro		
Vasos		
Pipetas		
Baguetas		
Papel whatman 40		
embudos		

o **Cámara de Carga**

27. ¿Tiene válvula de control en el ingreso?

Si.....No.....

28. Describa la cámara de carga (cámara de llegada de L.C.)

Aliviadero (rebose)			Vertedero					
Si tiene		No tiene	Si tiene			No tiene		
En buen Estado	En mal estado		Madera			Metal		
			B	R	M	B	R	M

○ **Canal de mezcla rápida (Canal Parshall)**

29. Tipo de mezclador:

Tipo de Mezclador					
Mecánico			Hidráulico		
B	R	M	B	R	M

30. ¿Dónde es el punto de aplicación?

- Punto de mayor agitación
- Fuera del punto de mayor agitación

○ **Floculador**

31. Tipo de floculador

- Mecánico:
- Hidráulico:

32. Si es Hidráulico: Tipo de flujo:

- En serie :
- En paralelo:

33. Estado del floculador

TRAMO:	Long. tramo (m)	Ancho (m)	Nº de Canaletas	Tipo de paneles					
				Concreto			Madera Revestida		
				B	R	M	B	R	M
TRAMO I									
TRAMI II									
TRAMI IV									
.....									

○ **Canal de distribución de Agua Floculada**

34. Estado del canal de distribución:

Compuertas de Control			Estado del canal		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M

○ **Decantador**

35. Tipo de decantador

- Convencional
- De placas paralelas o laminar

36. Número de unidades:

- 1
- 2

37. Canal central de agua floculada:

Compuertas de Control			Estado del canal		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M

38. Zona de sedimentación:

Compuertas de Control de salida de lodos			Placas paralelas			Estado de la zona de sedimentación		
Si tiene		No tiene	Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		En buen Estado	En mal estado		B	R	M

39. Sistema de recolección de agua decantada:

Conexiones de Unión flexible			Estado de las tuberías de recolección		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M

40. Sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de lodos:

Válvulas para el control de lodos			Estado de la tolva de almacenamiento		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M

○ **Batería de filtros rápidos**

41. Tipo de filtros:

- Tasa constante
- Tasa declinante

42. Número de unidades:

43. Tipo de lecho filtrante

- Simple:
- Doble:

44. Estado de las unidades de filtros

FILTRO											
Nº DE FILTRO	CANAL DE AISLAMIENTO			VALVULA DE CONTROL DE INGRESO				VALVULA DE CONTROL DE LIMPIEZA (RETROLAVADO)			
				Si tiene			No tiene	Si tiene			No tiene
	B	R	M	B	R	M		B	R	M	
FILTRO 1											
FILTRO 2											
FILTRO 3											
FILTRO 4											
FILTRO 5											
FILTRO 6											
FILTRO 7											
FILTRO 8											

○ **Caseta de cloración**

45. Tiene detector de fugas de Cloro (Gas).

- Si - No

46. Estado de la caseta de cloración

Sala de Cloradores			Sala de bombas						Almacén de Cloro												
si tiene			no tiene	si tiene			no tiene	Estado de las bombas			si tiene			no tiene	Estado de la balanza			ventilación			
B	R	M		B	R	M		B	R	M		B	R	M		B	R	M	si tiene	no tiene	

○ **Cámara de contacto de cloro**

47. Estado de la cámara de contacto de cloro

	punto de aplicación del cloro						Vertedero de control en el ingreso						Escalera de ingreso (limpieza)		
	En el resalto generado por vertedero			Fuera del resalto			Madera			Metal					
	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	M	R
CAMARA DE CONTACTO DE CLORO															

FORMATO II

SOBRE LA ADMINISTRACION DE LOS SERVICIOS

Departamento:..... Provincia:.....

Distrito:.....

48. ¿Quién es el responsable de la administración de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- Municipalidad
- Núcleo Ejecutor
- Junta Administrativa
- JASS reconocida
- Autoridades
- Nadie
- EPS

49. Identificar a cada uno de los integrantes del Consejo directivo.

50. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado?

- Municipalidad
- Núcleo Ejecutor
- Junta Administrativa
- JASS reconocida
- Autoridades
- Nadie
- EPS

51. ¿Qué instrumentos de gestión usan? Marque

- Reglamentos y Estatutos
- Libro de actas
- Recibo de pago de cuota familiar
- Asignación del recurso agua: (Licencia, Permiso, Autorización)
- No usan ningún de las anteriores
- Padrón de asociados
- Libro caja
- Otros: (Especificar)

52. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados de la Planta de Tratamiento de Agua Potable? (Indicar número)

53. ¿Existe cuota establecida para los usuarios del servicio de Agua potable?

- Si
- No

54. ¿Cuánto es la cuota por el servicio de Agua Potable? (Indicar en Nuevos soles.)

55. ¿Cuántos usuarios no pagan la cuota establecida? (Indicar el Numero)

56. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- Mensual
- Solo cuando es necesario
- 3 veces por año o más
- No se reúnen
- 1 o 2 veces por año

57. ¿Cada que tiempo cambian la Junta Directiva? Marque con una X

- Al año
- A los tres años
- A los dos años
- Más de tres años

58. ¿Quién escogió el tipo de planta de tratamiento?

- Usuarios
- Municipalidad
- El Proyecto
-

59. ¿Cuántas mujeres participan de la Directiva de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- De 2 mujeres a mas
- 1 mujer
- Ninguna

60. ¿Han recibido cursos de capacitación? Marque con una X

- Si
- No
- Charlas a veces

SOBRE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

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

- **SI**, y se cumple
- **SI**, pero no se cumple
- **SI**, se cumple a veces
- **No** existe

65. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento?

Marque con una X.

- SI
- A veces algunos
- NO
- Solo la junta

66. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza y desinfección de la Planta de Tratamiento de Agua Potable? Marcar con una X

- Una vez al año
- Cuatro veces al año
- Dos veces al año
- Más de cuatro veces al año
- Tres veces al año
- No se hace

67. ¿Cada que tiempo evacuan los lodos? Marcar con una X

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

68. ¿Qué prácticas de conservación de la Planta de tratamiento de Agua potable existen? Marquen con una X

- Pintado
- Forestación
- Conservación de la vegetación natural
- No existe

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

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

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

- Si
- No

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

- SI
- NO
- Algunas
- Son del gasfitero

Fecha: / / 2014

Nombre del encuestador:.....

3.5.3. INDICADORES PROPUESTOS PARA ELABORACIÓN DEL DIAGNOSTICO.

Tabla 18: Variables, indicadores, índices utilizados para determinar la sostenibilidad de la planta de tratamiento de agua potable.

Variables	Indicadores	Índices			
		ÍTEMS			
		4	3	2	1
Estado de la Infraestructura de la PTAP	A1. CANTIDAD				
	a) Volumen ofertado				
	b) Volumen demandado	a>b	a=b	a<b	a=0
	A.2. COBERTURA				
	a) Volumen demandado	a mayor que b	A igual que b	a menor que b	A igual que cero
	b) N° de personas Atendidas				
	A.3. CONTINUIDAD				
	a) Permanencia del agua en la fuente	Permanente	Baja pero no se seca	Se seca totalmente en algunos meses	Seco totalmente
	b) Permanencia del agua en los 12 últimos meses en el sistema.	Todo el día y todo el año	Todo el día Cuando hay agua y por horas cuando se seca	Por horas todo el año	Algunos días
	A.4. CALIDAD DEL AGUA				
	a) Cloración de Agua filtrada permanentemente	Si			No
	b) Nivel de cloro residual en el agua	Alta cloración (1.0 -1.5mg/lt)	Ideal (0 - 0.4mg/lt)		Baja Cloración (0 - 0.4mg/lt)
	c) Cómo es agua que sale de la cámara de contacto de cloro	Agua clara	Agua con residuos extraños		Agua turbia
	Si se realizó			No se	

d)Análisis bacteriológico del agua				realizó
e)Institución que supervisa la calidad del agua	MINSA/JASS	Municipalidad	Otro	Nadie
A.5. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA				
a) Casa de Químicos				
Sala de dosificación				
Tanque 1	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene
Agitador/Eléctricos	Bueno	Malo	Regular	No tiene
Área Administrativa				
Escritorio	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene
				Tiene
Computadora	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene
				Tiene
Laboratorio				
Turbidimetro nefelometrico	Si tiene			No tiene
Medidor	Si tiene			No tiene
Bureta	Si tiene			No tiene
Equipo de prueba de jarras	Si tiene			No tiene
Comparador de cloro	Si tiene			No tiene
Vasos	Si tiene			No tiene
Pipetas	Si tiene			No tiene
Baguetas	Si tiene			No tiene
.....	Si tiene			No tiene

b) Cámara de Carga				
Válvula de Control de Ingreso	-Si tiene en buen estado	-Si tiene en mal estado		No tiene
Aliviadero	Bueno	Malo	Regular	No tiene
Vertedero	Bueno	Malo	Regular	No tiene
c) Canal de mezcla rápida				
Tipo de Mezclador	Mecánico	Hidráulico		
Punto de aplicación	Punto de mayor agitación			Fuera del punto de Mayor agitación
d) Floculador				
Tipo de Floculador	Mecánico	Hidráulico	Regular	No tiene
Tramo I	bueno	malo	Regular	No tiene
Tramo II	bueno	malo	Regular	No tiene
Tramo III	bueno	malo	Regular	No tiene
.....				
e) Canal de distribución de Agua Floculada				
Compuerta de Control	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado	Regular	No tiene
Estado del canal	Bueno	Regular	Malo	No tiene
f) Decantador				
Tipo de decantador	Convencional	De placas		No tiene
Canal central de agua floculada	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No tiene
Compuertas de control	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No tiene
Zona de sedimentación				

Compuertas de control de salida de lodos	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No tiene
Placas paralelas	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No tiene
Recolección de agua decantada				
Uniones flexibles	Si tiene en buen estado	Regular	Si tiene en mal estado	No tiene
Tuberías de recolección	Si tiene en buen estado	Regular	Si tiene en mal estado	No tiene
Válvulas para el control de lodos	Si tiene en buen estado	Regular	Si tiene en buen estado	No tiene
Estado de la tolva de almacenamiento	Bueno	Malo	Regular	Colapsado
g) Batería de filtros rápidos				
Tipo de filtros	Tasa Constante	Tasa Declinante		
Tipo de lecho	Doble	Simple		
Canal de aislamiento	Bueno	Regular	Malo	No tiene
Válvulas de control de ingreso	Bueno	Regular	Malo	No tiene
Válvulas de control de limpieza	Bueno	Regular	Malo	No tiene
h) Caseta de cloración				
Detector de fugas de cloro gas	Si tiene			No tiene
Sala de cloradores	Tiene en buen estado.	Si tiene en mal estado.	Malo	No tiene
Sala de bombas	Bueno	Regular.	Malo	No tiene
Estado de las bombas	Bueno	Regular	Malo	No tiene

	Almacén de cloro	Bueno	Regular.	Malo	No tiene
	Estado de la balanza	Bueno	Regular	Malo	No tiene
	Ventilación	Si tiene			No tiene
	i) Cámara de Contacto de cloro				
	Punto de aplicación del cloro	En el resalto generado por el vertedero			Fuera del resalto
	Vertedero de control de ingreso	Bueno	Regular	Malo	No tiene
	Escalera de ingreso (limpieza)	Bueno	Regular	Malo	No tiene
Administración	a) Responsable de la administración de la PTAP	JASS / JAP	Municipalidad	Autoridades	Nadie
	b) Tenencia del expediente técnico	JASS / JAP	Municipalidad	Autoridades	Nadie
	c) Herramientas de gestión administrativa	Estatutos Libro de actas	Padrón de asociados	Libro de actas	No usan
	d) Número de usuarios en padrón de asociados	Es igual a N° de familias que se abastecen con el sistema	Es menor que el N° de familias que se abastece con el sistema		
	e) Cuota de usuarios	Si hay	No pagan		
	f) Cuanto es la cuota soles	Mayor de 3	De 1.1 a 3		
	g) Morosidad	Menor del 10%	10.1 al 50.9%		
	h) Número de reuniones de directiva con usuarios	No se reúnen			
		3 veces al año /	mensual		
	i) Cambios en la directiva	A los 2 años	A los 3 años		
j) Elección del tipo de Planta	Proyecto	Municipalidad	Usuarios		

	k) Mujeres que participan	De 2 a mas	1 mujer		Ninguna
	l) Se han realizado cursos de capacitación	Si			No
	m) Se han realizado nueva inversiones	Si			No
	n) Tipo de inversión	Mejoramiento	Ampliación	Reparación	Ninguna
Operación y mantenimiento	a) Plan de mantenimiento	Si se cumple	Sí, pero a veces	Sí, pero no se cumple	No existe
	b) Participación de usuarios -	Si	Sólo la junta	A veces	algunos No
	c) Cada qué tiempo realizan la limpieza	4 veces al año o más	3 veces al año	1 o 2 veces al año	No se hace
	d) Cada qué tiempo realizan la desinfección de la PTAP	Entre 15 a 30 días	Cada tres meses	Más de tres meses	Nunca
	e) Evacuación de lodos	Entre 15 a 30 días	Cada tres meses	Mas de 3 meses	Nunca
	f) Prácticas de conservación de la PTAP	Pintado	Forestación	Conservación de la vegetación	No existe
	g) Quien se encarga de los servicios de gasfitería	Gasfitero / operador	Los directivos	Los usuarios	Nadie
	h) Remuneración de gasfitero	Si			No
	i) Cuenta con herramientas	Si			No

Fuente: Tomado de Diagnóstico de la Infraestructura, Gestión, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Agua de Consumo Humano de Cinco Caseríos del Distrito Celendín, Cajamarca 2009/ Ing. Agustín Emerson Medina Chávez.

CAPITULO IV. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. PRESENTACION DE RESULTADOS

La información recogida para la investigación fue de dos tipos, la primera fue mediante una encuesta a la junta directiva del sistema de agua potable sobre las características generales del sistema, administración y operación y mantenimiento. El segundo tipo de recojo de información fue mediante la observación de los componentes del sistema de la planta de tratamiento de agua potable.

Para el control de calidad de datos del primer tipo de recojo de información se comparó y se corrigió la información brindada por la junta directiva y los usuarios del sistema, en el control de calidad de información también se tuvo en cuenta a las juntas directivas anteriores así como a personas que participaron en la construcción del sistema. Para el control de calidad de datos del segundo tipo de recojo de información se constató de manera directa la información recogida observando, midiendo, describiendo los diferentes componentes del sistema de la planta de tratamiento de agua potable.

4.1.1. CARACTERIZACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.

A continuación se presentan los resultados del trabajo de investigación con la finalidad de determinar el índice de sostenibilidad de la Planta de Tratamiento de Agua Potable – El Calvario, de la ciudad de San Marcos.

Los resultados de la investigación se presentan en el siguiente orden: **Estado de la Infraestructura Sanitaria**, para conocer el estado en el que se encuentra los componentes de la planta de tratamiento de agua potable, así como los aspectos de cantidad, cobertura, continuidad y calidad; **Administración de los sistemas de agua**, para conocer aspectos de la junta directiva, pagos por el servicio del agua y nuevas inversiones en la planta de tratamiento de agua potable; **Operación y Mantenimiento**, para conocer aspectos de capacitación, cloración, desinfección y del personal que realiza el mantenimiento y finalmente el **Índice de Sostenibilidad** de la planta de tratamiento evaluada..

4.1.1.1. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA SANITARIA

A. Cobertura Del Servicio Actual

La población estimada de San Marcos actualmente es de 9,000 habitantes, de los cuales solamente cuentan con el servicio de agua potable de la PTAP El Calvario y conexiones domiciliarias unas 8,280 personas (92%).

Tabla 19: Cobertura del servicio actual

Año	Población total	Cobertura	Población Servida
	Hab	(%)	hab
07 2014	8,995	92.0%	8,275

Fuente: Elaboración propia, caracterización de la PTAP – El Calvario

B. Continuidad Del Servicio actual

Se determinó que en la planta de tratamiento de agua potable tiene servicio continuo todo el año, pero falla en ocasiones, debido a problemas presentados en la captación o línea de conducción.

Tabla 20: Continuidad del servicio actual

Año	Población total	Población Servida	Continuidad
2014	8,995	8,275	Falla en ocasiones

Fuente: Elaboración propia, caracterización de la PTAP – El Calvario

C. Calidad Del Agua

La calidad de agua se basó en el análisis de las características físicas, y microbiológicas.

Tabla 21: parámetros análisis de parámetros físicos microbiológicos

ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICOS MICROBIOLÓGICOS		
Parámetros	Unidad de medida	Lectura
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	<1
Turbiedad	UNT	<1
pH	Valor de pH	6,97
Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0
E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0
Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0

Fuente: Elaboración propia, caracterización de la PTAP – El Calvario

D. Año De Construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

La Planta de tratamiento de agua potable, PTAP – El Calvario de la ciudad de San Marcos, se comenzó a construir en diciembre del 2010, culminando su construcción en diciembre del 2011.

E. Tipo De Sistema De Abastecimiento

La Planta de tratamiento de agua potable, PTAP – El Calvario de la ciudad de San Marcos, se abastece mediante una línea de conducción de diámetro 160 mm, del tipo de material Polietileno de Alta densidad HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) la cual funciona por gravedad.

4.1.1.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A. Capacitación

Se determinó que la junta directiva de la Planta de tratamiento de Agua Potable recibe capacitaciones periódicamente, además de las capacitaciones que recibieron una vez terminada la PTAP.

B. Mantenimiento, Desinfección Y Cloración

Referido al intervalo de tiempo en el que realizan el mantenimiento, desinfección y cloración del sistema de agua potable, se determinó que la Planta de Tratamiento de Agua Potable realiza el mantenimiento 1 vez al mes.

C. Personal Que Realiza El Mantenimiento

El personal que realiza el mantenimiento es personal técnico, con vasta experiencia en el mantenimiento de una planta, ya que llevan laborando algunos más de 10 años, incluso con la planta de tratamiento anterior.

4.1.1.3. GESTIÓN ADMINISTRATIVA

A. Pago Por El Servicio De Agua Potable

El pago por el servicio de agua potable se da de acuerdo al consumo de cada usuario, ya que cada usuario cuenta con su respectivo micromedidor. El pago S/ 2.00 por M3.

B. Nuevas Inversiones En La PTAP

Partiendo del punto de vista de que la PTAP es relativamente una infraestructura nueva, por el tiempo que lleva operando, no ha tenido nuevas inversiones, mejoramientos, ampliaciones ni reparaciones.

C. Cambio De Directivos

Referida al tiempo que dura la administración de la junta directiva en la Planta de Tratamiento de agua potable, esta no se realiza en periodos prolongados, ya que actualmente los trabajadores municipales integrantes de la junta directiva, son trabajadores nombrados en la municipalidad.

D. Reuniones De La Junta Directiva Con Los Usuarios

Se determinó que la Planta de Tratamiento de agua potable, la junta directiva realiza reuniones con los usuarios solo cuando es necesario.

Tabla 22: Resultado De Los Puntajes De La Planta De Tratamiento De Agua Potable Evaluada.

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
Estado de la Infraestructura	Estado de la Infraestructura Sanitaria					3.5
	A1. CANTIDAD					3
	a) Volumen ofertado					
	b) Volumen demandado	a>b	a=b	a<b	a=0	
	A.2. COBERTURA					4
	a) Volumen demandado					
	b) N° de personas Atendidas	a mayor que b	A igual que b	a menor que b	a igual que cero	4
	A.3. CONTINUIDAD					3
	a) Permanencia del agua en la fuente	Permanente	Baja pero no se seca	Se seca totalmente en algunos meses	Seco totalmente	3
	b) Permanencia del agua en los 12 últimos meses en la planta	Todo el día y todo el año	Todo el día Cuando hay agua y por horas cuando se seca	Por horas todo el año	Algunos días	3
	A.4. CALIDAD DEL AGUA					3.8
a) Cloración de Agua filtrada permanentemente	Si			No	4	

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
b) Nivel de cloro residual en el agua	Cloro: 0.5-0.9mg/l	Baja cloración/Alta cloración		No tiene cloro	4	
c) Cómo es agua que sale de la cámara de contacto de cloro	Agua clara	Agua turbia	Con elementos extraños	No hay agua	4	
d) Análisis bacteriológico del agua	Si se realizó			No se realizó	4	
e) Institución que supervisa la calidad del agua	MINSA/JASS	Municipalidad	Otro	Nadie	3	
A.5. ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA					3.8	
a) Casa de Químicos					3.4	
Sala de dosificación						
Tanque 1	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene	1	
Tanque 2	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Tanque 3	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Tanque 4	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Agitadores	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Área Administrativa						
Escritorio	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene	4	
Computadora	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado		No Tiene	4	
Laboratorio						
Turbidímetro	Si tiene			No Tiene	4	
Medidor	Si tiene			No Tiene	4	
Bureta	Si tiene			No Tiene	4	
Equipo de prueba de jarras	Si tiene			No Tiene	4	
Comparador de cloro	Si tiene			No Tiene	4	
Vasos	Si tiene			No Tiene	4	
Pipetas	Si tiene			No Tiene	4	

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
Baguetas	Si tiene			No Tiene	1	
b) Cámara de carga					4	
Válvula de control de ingreso	Si tiene en buen Estado	Si tiene en mal Estado		No tiene	4	
Aliviadero	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Vertedero	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
c) Canal de mezcla rápida					3.5	
Tipo de mezclador	Mecánico	Hidráulico		-No tiene	3	
Punto de Aplicación	Punto de mayor agitación			Fuera del punto de mayor agitación	4	
d) Floculador					3.75	
Tipo de Floculador	Mecánico	Hidráulico	Malograda	Colapsada	3	
Tramo I	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Tramo II	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
Tramo III	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
e) Canal de distribución de agua floculada.					4	
Compuerta de control	Si tiene en buen estado	Si tiene en mal estado	Regular	No tiene	4	
Estado del canal	Bueno	Malo	Regular	No tiene	4	
f) Decantador					4	
Tipo de decantador	Convencional	De placas		No tiene	4	
Canal central de agua floculada	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	
Compuertas de control	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	
Zona de sedimentación						
Compuertas de control de salida de lodos	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	
Placas paralelas	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	
Recolección de agua decantada						
Uniones flexibles	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	
Tuberías de recolección	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4	

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
	Válvulas para control de lodos	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Estado de la tolva de almacenamiento	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
g) Batería de filtros rápidos						3.6
	Tipos de filtros	Tasa constante	Tasa declinante	Malo	No tiene	3
	Tipos de lechos	Doble	Simple	Malo	No tiene	3
	Canal de aislamiento	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Válvulas de control de ingreso	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Válvulas de control de limpieza	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
h) Caseta de cloración						4
	Detector de fugas de gas	Si tiene			No tiene	4
	Sala de cloradores	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Sala de bombas	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Estado de las bombas	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Almacén de cloro	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Estado de la balanza	Bueno	Regular	Malo	No tiene	4
	Ventilación	Si tiene			No tiene	4
i) Cámara de contacto de cloro						4
	Punto de aplicación de cloro	En el resalto generado por el vertedero			Fuera del resalto	4
	Vertedero de control de ingreso	Bueno	Regular.	Malo	No tiene	4
	Escalera de ingreso	Bueno	Regular.	Malo	No tiene	4
Gestión Administrativa						3.3
Administración	a) Responsable de la administración de la PTAP	JASS / JAP	Comunidad / Núcleo Ejecutor	Municipalidad	No sabe	4

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
b) Tenencia del expediente técnico	JASS /JAP	Comunidad/ Núcleo Ejecutor	Municipalidad	No sabe	4	
c) Herramientas de gestión administrativa	Estatutos Libro de actas	Padrón de asociados	Libro de Caja	Recibos de pago	3	
d) Número de usuarios padrón asociados	Es igual a N° de familias que se abastecen con el sistema	Es menor que el N° de familias que se abastece con el sistema	No hay padrón	no hay ningún usuario inscrito	4	
e) Cuota de usuarios	Si hay	No pagan			4	
f) Cuanto es la cuota soles	Mayor de 3	De 1.1 a 3	soles 0.1 a 1 sol	No pagan	4	
g) Morosidad	Menor del 10%	10.1 al 50.9%	51% al 89.9%	90% a 100%	3	
h) Número de reuniones de directiva con usuarios	3 veces al año	mensual	1 o 2 veces al año Sólo	No se reúnen cuando es necesario	1	
i) Cambios en la directiva	A los 2 años	A los 3 años	Al año/ más de tres Años	No hay Junta	3	
j) Elección de Tipo de planta	Proyecto	Municipalidad	Usuarios		4	
k) Mujeres que participan	De 2 a mas	1 mujer		Ninguna	1	
l) Han recibido cursos de capacitación	Si			No	4	
m) Se han realizado nueva inversiones	Si	No		No	3	
n) Tipo de inversión	Mejoramiento	Ampliación	Reparación	Ninguna	4	
Operación y mantenimiento					3.6	
Operación y mantenimiento	a) Plan de mantenimiento	Si se cumple	Sí, pero a veces	Sí, pero no se cumple	No existe	4
	b) Participación de usuarios -	Si	Sólo la junta	A veces	algunos No	2
	c) Cada que tiempo realizan la limpieza	4 veces al año o más	3 veces al año	1 o 2 veces al año	No se hace	4
	d) Cada que tiempo realizan la desinfección de la PTAP	Entre 15 a 30 días	Cada tres meses	Más de tres meses	Nunca	4
	e) Evacuación de lodos	Vegetación natural	Forestación	Zanjas de infiltración	No existe	3

Variables	Indicadores	Índices				RESULTADO
		ITEMS				
		4	3	2	1	
f) Practicas de conservación	Gasfitero / operador	Los directivos	Los usuarios	Nadie	4	
g) Remuneración de gasfitero	Si	No			4	
h) Cuenta con herramientas	Si	No			4	

4.1.2. Resultado de la evaluación de los factores de la Planta de Tratamiento de Agua Potable, PTAP - El Calvario

4.1.2.1. Estado de la Infraestructura Sanitaria.

4.1.2.1.1. Cobertura del servicio Actual.

La población estimada de San Marcos actualmente es de 9,000 habitantes, de los cuales solamente cuentan con el servicio de agua potable de la PTAP El Calvario y conexiones domiciliarias unas 8,280 personas (92%). Esto nos da como resultado un puntaje de 4.

4.1.2.1.2. Continuidad Del Servicio actual

Se determinó que en la planta de tratamiento de agua potable tiene servicio continuo todo el año, pero falla en ocasiones, debido a problemas presentados en la captación o línea de conducción. Esto nos da como resultado un puntaje de 3.

4.1.2.1.3. Calidad Del Agua

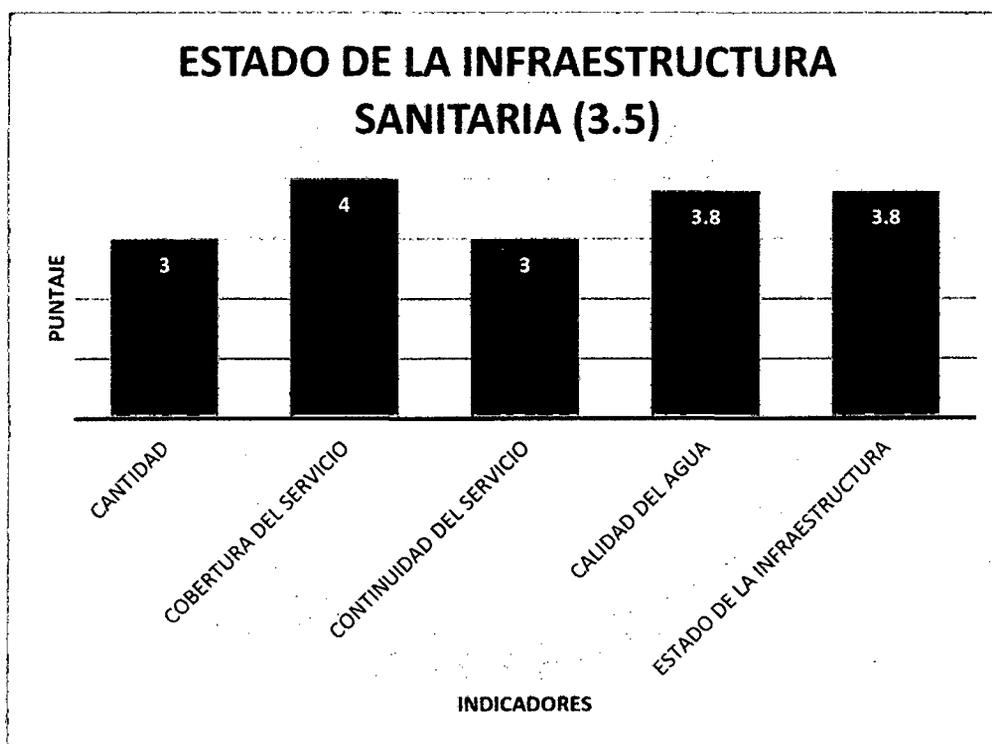
La calidad de agua se basó en el análisis de las características físicas, y microbiológicos, además de los indicadores como: colocación de cloro, nivel de cloro, institución que supervisa la calidad de agua. Luego de calificar cada uno de estos indicadores nos arroja un puntaje final de 3.8.

4.1.2.1.4. Estado de la infraestructura sanitaria

La Planta de tratamiento de agua potable, PTAP – El Calvario de la ciudad de San Marcos, se comenzó a construir en diciembre del 2010, culminando su construcción en diciembre del 2011, por lo tanto se puede decir que el estado de la infraestructura es buena; pero además se analizaron otros indicadores como el estado de la captación, el estado de la línea de conducción, cámaras rompe presión. Luego de calificar cada uno de estos indicadores nos arroja un puntaje final de 3.8.

Finalmente luego de calificar y promediar los factores antes descritos, el **Estado de la Infraestructura** nos da un puntaje de 3.5.

Figura 17: Estado de la infraestructura sanitaria de la PTAP evaluada.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.2. Operación Y Mantenimiento

4.1.1.2.1. Capacitación

Se determinó que la junta directiva de la Planta de tratamiento de Agua Potable recibe capacitaciones periódicamente, además de las capacitaciones que recibieron una vez terminada la PTAP. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 4.

4.1.1.2.2. Mantenimiento, Desinfección Y Cloración

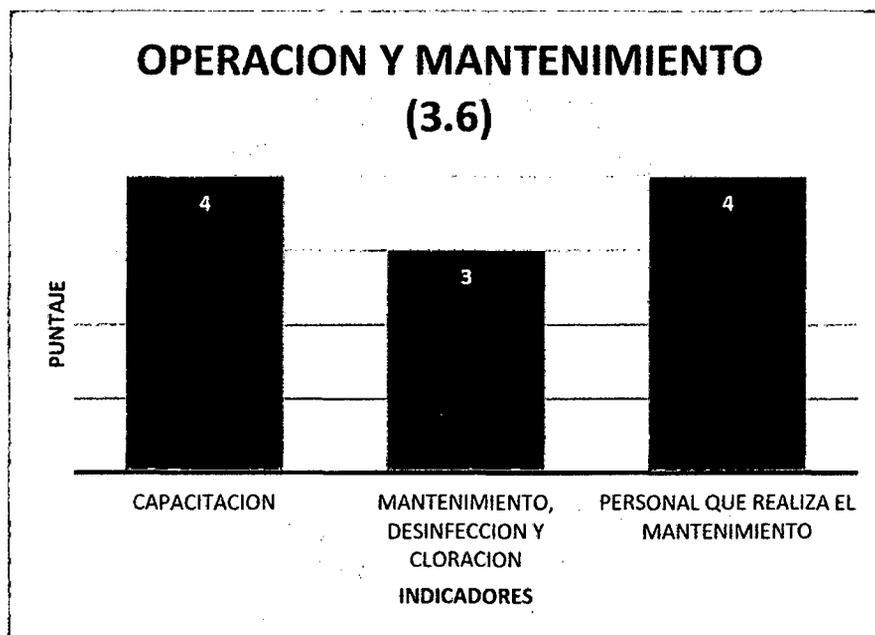
Referido al intervalo de tiempo en el que realizan el mantenimiento, desinfección y cloración del sistema de agua potable, se determinó que la Planta de Tratamiento de Agua Potable realiza el mantenimiento 1 vez al mes. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 3.

4.1.1.2.3. Personal Que Realiza El Mantenimiento

El personal que realiza el mantenimiento es personal técnico, con vasta experiencia en el mantenimiento de una planta, ya que llevan laborando algunos más de 10 años, incluso con la planta de tratamiento anterior. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 4.

Finalmente luego de calificar y promediar los factores antes descritos, La **Operación y Mantenimiento** nos da un puntaje de 3.6.

Figura 18: Operación y Mantenimiento de la PTAP evaluada.



Fuente: Elaboración Propia

4.1.1.3. Gestión Administrativa

4.1.1.3.1. Pago Por El Servicio De Agua Potable

El pago por el servicio de agua potable se da de acuerdo al consumo de cada usuario, ya que cada usuario cuenta con su respectivo micromedidor. El pago S/ 2.00 por M3. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 3.

4.1.1.3.2. Nuevas Inversiones En La PTAP

Partiendo del punto de vista de que la PTAP es relativamente una infraestructura nueva, por el tiempo que lleva operando, no ha tenido nuevas inversiones, mejoramientos, ampliaciones ni reparaciones. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 1.

4.1.1.3.3. Cambio De Directivos

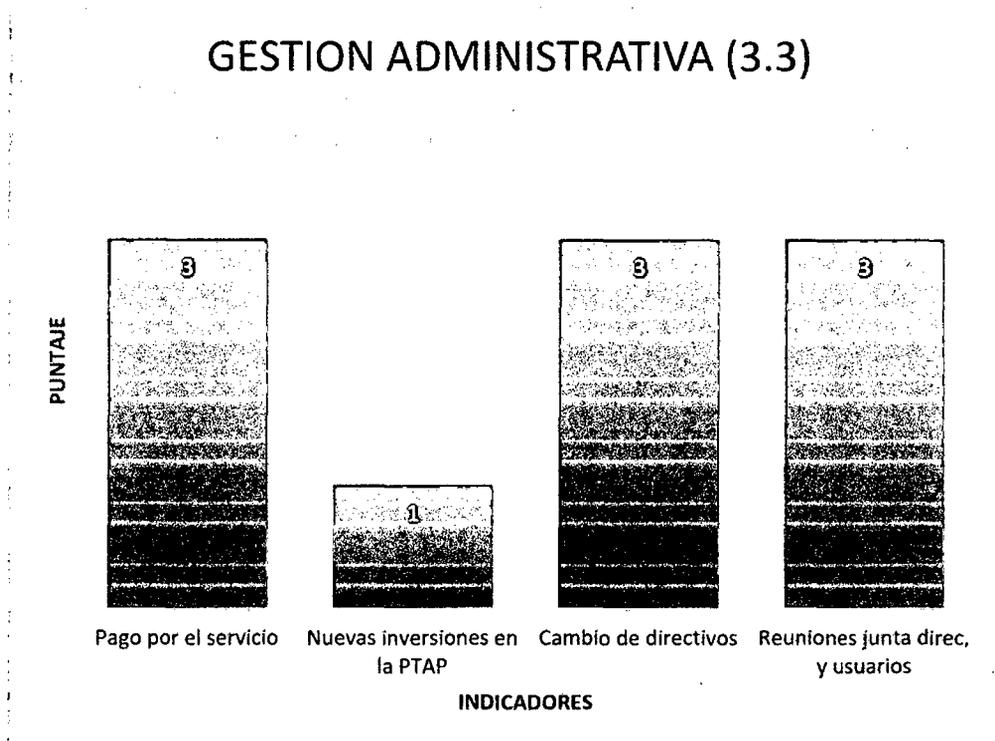
Referida al tiempo que dura la administración de la junta directiva en la Planta de Tratamiento de agua potable, esta no se realiza en periodos prolongados, ya que actualmente los trabajadores municipales integrantes de la junta directiva, son trabajadores nombrados en la municipalidad. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 3.

4.1.1.3.4. Reuniones De La Junta Directiva Con Los Usuarios

Se determinó que la Planta de Tratamiento de agua potable, la junta directiva realiza reuniones con los usuarios solo cuando es necesario. Luego de calificar este indicador nos arroja un puntaje final de 3.

Finalmente luego de calificar y promediar los factores antes descritos, La **Gestión Administrativa** nos da un puntaje de 3.3.

Figura 19: Gestión administrativa de la PTAP evaluada



Fuente: Elaboración Propia

4.2. ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DE SAN MARCOS, PTAP – EL CALVARIO

Para el cálculo del índice de sostenibilidad se usó la fórmula del capítulo I y se tuvo como base a los porcentajes propuestos por la metodología del SIRAS, que considera al estado del sistema un porcentaje de incidencia del 50%, a la administración 25%, a la operación y mantenimiento 25%, los resultados del índice de sostenibilidad se muestran a continuación:

$$\text{ÍNDICE DE SOSTENIBILIDAD} = \frac{(ES * 2) + G + Oym}{4}$$

SISTEMA	ESTADO DE LA INFRAESTRUCTURA	GESTION ADMINISTRATIVA	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	INDICE DE SOSTENIBILIDAD
PTAP – El Calvario	3.5	3.3	3.6	3.48

4.2. CONTRASTACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La hipótesis "Actualmente, el sistema de la Planta de Tratamiento de Agua Potable El Calvario, de la ciudad de San Marcos, está caracterizado por una planta convencional, el mismo que se encuentra en estado regular, por lo que tiene una sostenibilidad en proceso de deterioro" propuesta inicialmente se cumple, debido a que los resultados de la evaluación del nivel de sostenibilidad muestra que la Planta de Tratamiento de Agua Potable es un sistema medianamente sostenible

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Al estudiar La Planta de tratamiento de Agua Potable El Calvario de la ciudad de San Marcos, se obtuvo como resultado un índice de sostenibilidad de 3.25 el cual está enmarcado en el rango 2.50- 3.50 y según la tabla No. 1 se clasifica como sistemas medianamente sostenibles.
2. La evaluación del estado de la infraestructura sanitaria de la Planta de tratamiento de Agua potable, de acuerdo a los indicadores propuestos tales como año de construcción, estado de los accesorios, tipo de material de construcción, cuyos resultados se muestran en la tabla 22, arroja el valor de 3.5 por lo que se considera un sistema en estado regular.
3. La evaluación de la operación y mantenimiento de la Planta de tratamiento de Agua potable obtuvo un puntaje de 3.7, que según la tabla No. 1 y se los califica como una buena operación y mantenimiento.
4. La evaluación de la gestión administrativa de la Planta de tratamiento de Agua potable obtuvo un puntaje de 2.3, que según la tabla No. 1 y se los califica como una mala gestión administrativa.
5. A manera de crítica constructiva, se puede mencionar que la metodología propuesta en este estudio puede complementarse con un estudio del nivel de educación sanitaria con el que cuenta la población usuaria de la PTAP, ya que la educación sanitaria fortalece la calidad de vida, garantiza el adecuado uso del agua potable, promueve la organización comunal de manera que los usuarios asuman un papel más activo en el cuidado de su salud, mejora las propuestas institucionales tomando en cuenta las experiencias y conocimientos locales, amplía el espacio de relación actual entre la comunidad e instituciones.
6. Finalmente, como un aporte de esta tesis profesional, se ha propuesto una metodología para estudiar la sostenibilidad de una planta de tratamiento de agua potable, esperando sea mejorada en estudios posteriores.

5.2. RECOMENDACIONES

1. En base a la conclusión No. 2, se debe mejorar el estado de la infraestructura en lo que respecta al indicador continuidad del servicio de agua potable, puesto que este factor es el que hace que el estado de la Infraestructura Sanitaria tenga una calificación de regular.

Esto se puede lograr haciendo un monitoreo constante en la fuente de agua, ya que algunos pobladores aledaños a la fuente desvían el agua constantemente para utilizarla en regadío de sus cultivos, y por consiguiente causan que a la planta de tratamiento de agua potable no ingrese la cantidad deseada del líquido elemento causando la discontinuidad del servicio.

2. En base a la conclusión 4, la municipalidad provincial debe planificar un proceso para la aprobación de nuevas inversiones en la planta de tratamiento, ya que es la entidad que administra directamente la planta de tratamiento.

Además de eso se debe crear comisiones municipales para dar capacitación constante sobre el uso adecuado del agua a los usuarios, ya que existe gran cantidad de usuarios que dan mal uso del líquido elemento.

3. La Municipalidad provincial de San Marcos, conjuntamente con los usuarios deben realizar prácticas de conservación en las áreas de influencia de los manantiales con la finalidad de mejorar la cantidad de agua de su fuente y asegurar la continuidad del servicio.

4. Se debe implementar el laboratorio de la planta de tratamiento con un profesional técnico especialista en esta área para poder realizar análisis más continuos y precisos y así determinar con más precisión si el tratamiento de agua es el correcto y óptimo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

INEAL (Instituto de Estudios de Administración Local). 1975. AMERICAN WATER WORKS ASOCIATION. Control de calidad y tratamiento del agua. Trad. F de Lora. Madrid, ES. 734 p.

Arboleda Valencia, J. 2000. Teoría y práctica de la purificación del agua. Bogotá, CO. Acodal. 684 p.

BRICEÑO TORIBIO, D. "Diagnóstico del Sistema de Agua Potable del Caserío de Bella Unión, Cajamarca 2013" Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

Canales, M. 1999. Físicoquímica – Teoría. Iztapalapa, MX. Universidad Nacional Autónoma De México. v.1, 241 p.

CARE Perú Regional Cajamarca, DRVCS (Dirección Regional De Vivienda, Construcción Y Saneamiento), Gobierno Regional De Cajamarca. 2010. Compendio Sistema de Información Regional de Agua y Saneamiento – SIRAS. MATICES, Cajamarca, PE. 186 p.

G&C Salud y Ambiente SRL, "Diagnóstico Provincial de Agua y Saneamiento Provincia de Jaén", 76pp. Marzo del 2007.

Díaz Suarez, A. 1994. Manual de operación y mantenimiento para el modelo de una planta de tratamiento de agua potable. Tesis Ingeniería Civil. Bogotá, D.C, Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería. 77 p.

Dirección Regional de Vivienda Construcción y Saneamiento de Cajamarca. "Diagnostico provincial de agua y saneamiento de la provincia de Cajamarca", 2009.

Gomella, C. 1998. Tratamiento de aguas para abastecimiento público. Barcelona, ES. Editores Técnicos Asociados S.A. 240 p.

Henriquez Harper, G. 2000. El abc de la instrumentación en el control de Procesos industriales. Balderas, MX, Limusa. 292 p.

Martinez Calderon, H. 1991. Quipama - Boyaca realmente consume agua potable, diagnostico de los servicios públicos. Tesis Ingeniería Civil. Bogotá D.C, Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería. 120 p.

Medina Chávez, A. "Diagnóstico de la Infraestructura, Gestión, Operación y Mantenimiento de los Servicios de Agua de Consumo Humano de Cinco Caseríos del Distrito Celendín", Cajamarca, 2009.

Miranda Montoya, S. "Diagnóstico del Sistema de Agua Potable del Caserío LLimbe Distrito de Jesús Cajamarca 2013" Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

Moncaleno, J. y Guerra, E. 1994. Planta de purificación de agua potable; diseño, suministro e instalación del sistema de bombeo, diseño del sistema de dosificación de químicos, adecuación constructiva del sedimentador, floculador y vertedor. Tesis Ingeniería Civil. Bogotá D.C., Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería. 180 p.

Montoya Villafañe, H. 2008. Microbiología básica para el área de la salud y afines. 2 ed. Medellín, CO. Universidad de Antioquia. 255 p.

PAS- BANCO MUNDIAL, "Estudio de la Sostenibilidad de 104 Sistemas de Agua Rural", 1999.

Pérez Parra, J. 1993. Manual de potabilización del agua. Medellín, CO. Universidad nacional de Colombia – seccional Medellín. 502 p.

Plasencia Palomino, R. "Diagnóstico del Sistema de Agua Potable del Centro Poblado el Tucto, del Distrito Bambamarca-Hualgayoc-Cajamarca", Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

PNUD/Banco Mundial, 1999. Programa de Agua y Saneamiento: Estudio de la Sostenibilidad de los Servicios de 104 Sistemas de agua rural. (En línea).

Lima Perú. Consultado junio 2014. Disponible en www.wsp.org/wsp/sites/wsp.org/files.

Prada Matiz, A. 2009. Soluciones individuales en potabilización de agua en pequeña escala. Villavicencio, CO. Unillanos.145 p.

QUILICHE CARRASCO, J. "Diagnóstico del Sistema de Agua Potable de la Ciudad de Cospan- Cajamarca", Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

Quiroz Ciriaco, J. "Diagnóstico del Estado del Sistema de Agua Potable del Caserío Sangal Distrito de la Encañada, Cajamarca", Tesis para optar el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca, 2013.

REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS – LEY N° 29338, Lima - Perú, enero del 2010.

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES – TÍTULO II.3 OBRAS DE SANEAMIENTO – OS. 020 Plantas de Tratamiento de agua para consumo humano. Lima – Perú, junio del 2006.

REGLAMENTO DE CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO – Dirección General de Salud Ambiental , Ministerio de Salud, Lima – Perú, 2011.

Roa Trujillo, M. 1995. Planta de tratamiento de agua- análisis de costos/ presupuesto. Tesis Ingeniería Civil. Bogotá D.C., Universidad la Gran Colombia. Facultad de Ingeniería. 117p.

Robinson Infante, T. 2006. Agua, saneamiento, salud y desarrollo: Una visión desde América Latina y el Caribe. Lima, febrero del 2006. 36 p. (en línea). Consultado 07 Agosto. Disponible en www.cepis.ops-oms.org/bvsacg/e/foro4/producto3. Tixe, S. 2004. Guía de diseño para líneas de conducción e impulsión.

Rodríguez Peña, C. 1995. Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua. Bogotá D.C. Universidad distrital Francisco José de Caldas. 115 p.

Romero Cabello, R. 2007. Microbiología y parasitología humana. 3 ed. Medellín, CO. Medica Panamericana. 1802 p.

Romero Rojas, J. 2005. Purificación del agua. Bogotá D.C., Escuela colombiana de ingeniería. 400 p.

Spellman, F. 2004. Manual del agua potable. Zaragoza, ES, Acribia S.A. 255 p.

Smits S., Tamayo P., Ibarra V., Rojas J., Benavidez A., Bey V. 2012. Gobernanza y Sostenibilidad de los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento Rurales en Colombia. Bogotá, CO. Banco Interamericano de Desarrollo. 155 p.

ANEXO I

PANEL FOTOGRAFICO



Foto 1.1. Izquierda: Vista desde la parte superior de la Captación el Cucharón, captación de quebrada, actualmente con un caudal de 13 – 15 l/s Derecha: se muestra desvíos artesanales del agua por parte de los pobladores para usarlo en regadío.

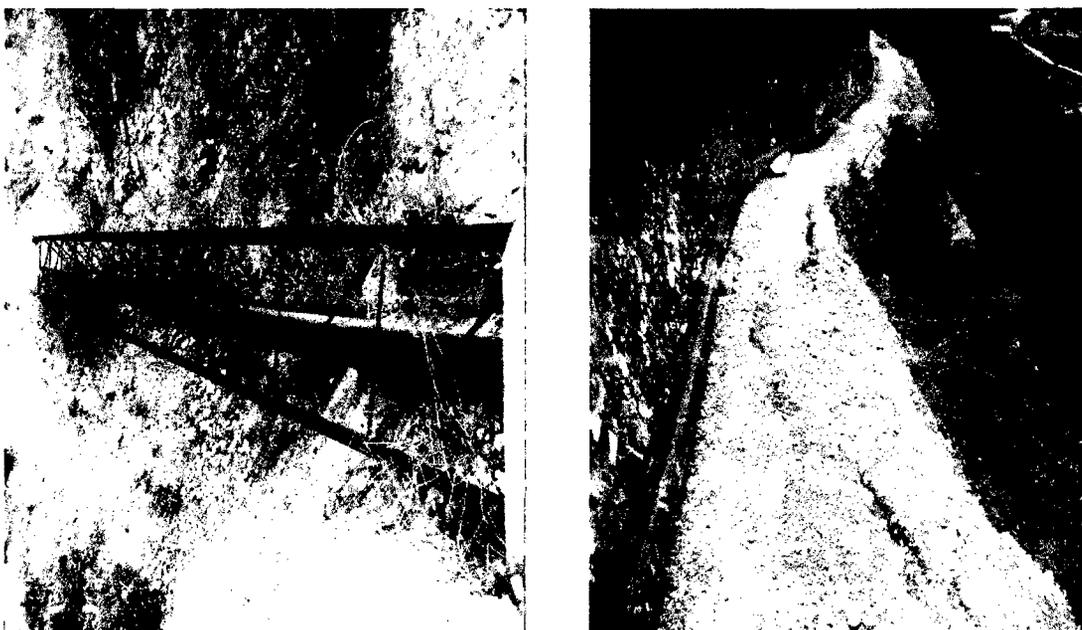


Foto 1.2. Izquierda: Pase aéreo No 2 en línea de conducción, Derecha: Línea de conducción con dados de anclaje cada 50m, el material de la línea de conducción es HDPE (Politileno de alta densidad).



Foto 1.3. Izquierda: Vista superior de cámara rompe presión No. 3 en línea de conducción, Derecha: Vista interior de cámara rompe presión No. 3.

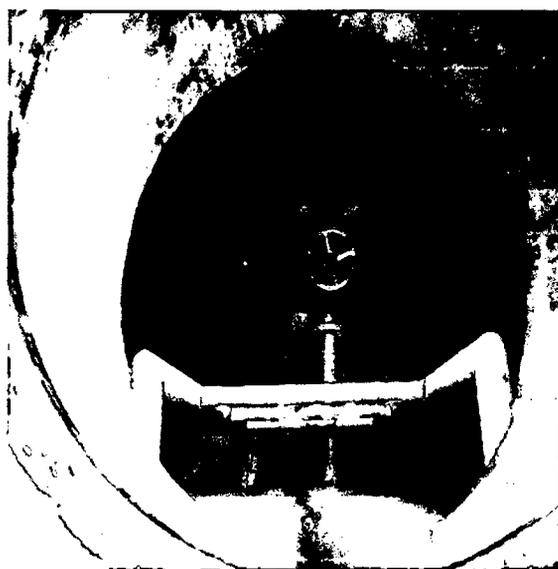


Foto 1.4. Izquierda: Vista superior de cámara purga No. 4 en línea de conducción, Derecha: Vista interior de cámara de purga No. 4.

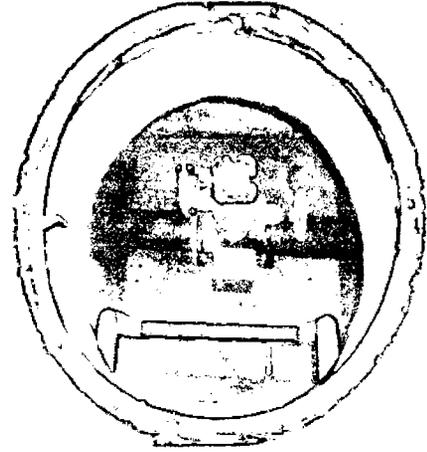


Foto 1.6. Izquierda: Vista superior de cámara aire No. 5 en línea de conducción, Derecha: Vista interior de cámara de aire No. 5.

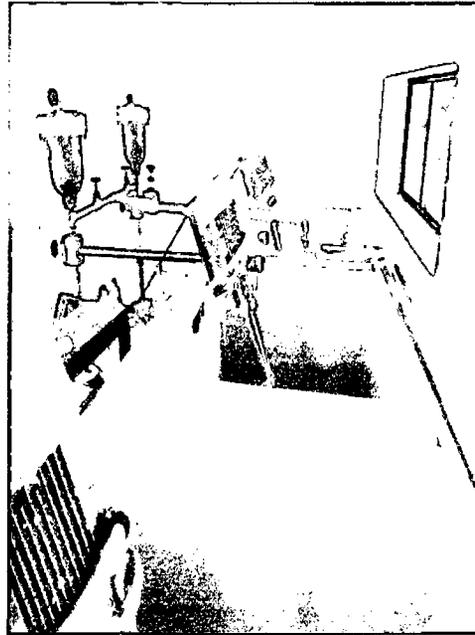
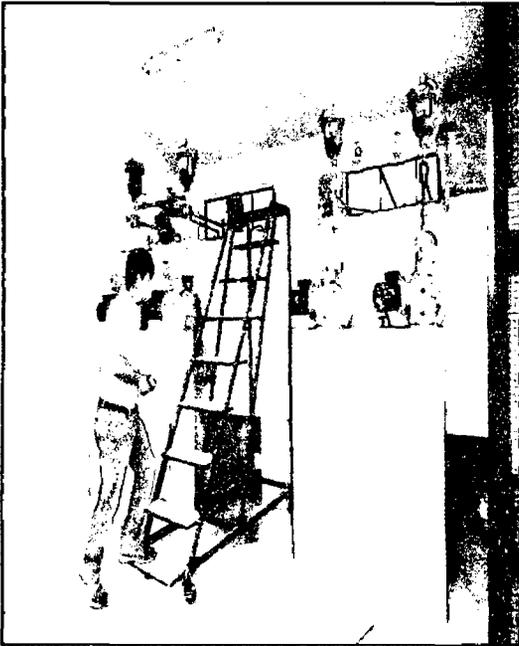


Foto 1.7. Izquierda y derecha: Vista de los pozos dosificadores de cal y alumnio, para ser vertido en el canal de mezcla rápida.

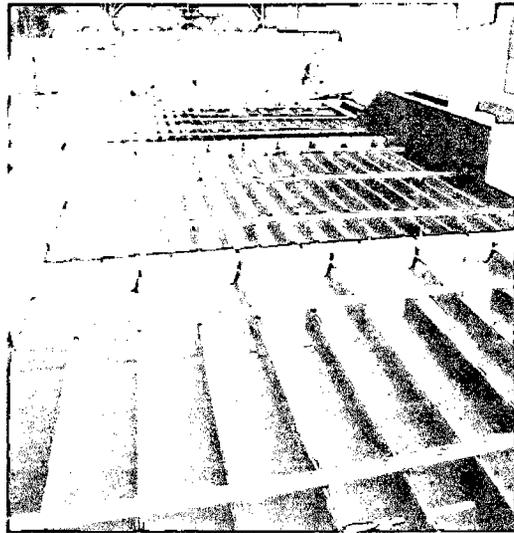


Foto 1.8. Izquierda: Cámara de carga de la y Canal de mezcla rápida de la PTAP. Derecha: Floculadores de flujo horizontal de la PTAP.

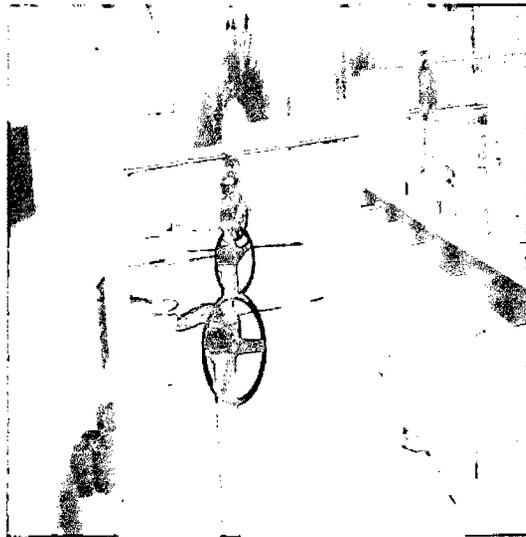
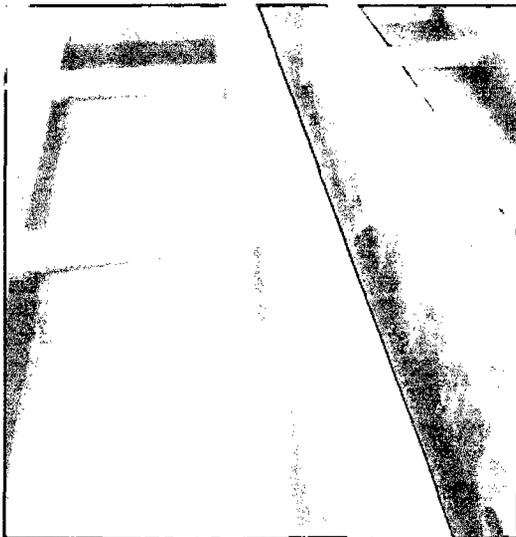


Foto 1.9. Izquierda: Decantadores laminares y Canal de recolección de agua decantada PTAP. Derecha: Vista superior de volantes para manejo de filtros.

ANEXO II

FORMATO APLICADO A LA EVALUACION DE LA PTAP

ESTADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

A. UBICACIÓN:

1. Departamento: *Cajamarca*
2. Provincia: *SAN MARCOS*
3. Distrito: *San Marcos*
4. Altura (msnm) *2376 CC*
5. Promedio de integrantes por familia: *5*
6. Explique cómo se llega la planta de tratamiento desde la capital de distrito.

desde	hasta	Tipo de Vía	Medio de Transporte	Distancia (km)	Tiempo (h)
<i>San Marcos</i>	<i>Cubamba</i>	<i>Asfalto</i>	<i>Volvo Mercedes</i>	<i>500 Km</i>	<i>15 min</i>

7. Fecha en la que se concluyó la planta de tratamiento de agua potable:

Diciembre 2011

8. Institución ejecutora:

Empresa HV-Chiriquia (Pública)

9. Tiene Cerco perimétrico:

- Sí No

10. Estado del Cerco Perimétrico

- Buen estado - En mal estado

11. Identificación de peligros

Proceso	Identificación de peligros							
	No presenta	huayco	Crecida o avenidas	Hundimiento de terreno	inundaciones	Deslizamientos	Desprendimiento de rocas o arboles	Contaminación del agua
Casa de químicos	X							
Área administrativa	X							
Mezclador Rápido				X				
Floculador				X				
Recolección de Agua Floculada	X							
Decantadores	X							
Filtros	X							
Sala de cloración	X							
Contacto de cloro	X							

12. ¿Qué tipo de fuente de agua abastece a la PTAP?

- Manantial
- Pozo
- Agua Superficial

13. ¿Cómo es el sistema de abastecimiento?

- Por gravedad
- Por bombeo

B. COBERTURA DEL SERVICIO:

14. ¿Cuántos usuarios se benefician con la Planta de tratamiento de agua potable? (Indicar Numero)

1700 00

C. CANTIDAD DE AGUA:

15. ¿Cuál es el caudal producido por la Planta en Épocas de sequía? En l/s - 13 1/3

16. ¿Cuántas conexiones domiciliarias abastece la planta? (indicar numero) - 1700

D. CONTINUIDAD DEL SERVICIO:

17. ¿Cómo es el funcionamiento de los filtros?

FILTROS	Descripción			
	Permanente	Baja cantidad pero no se seca	Se seca totalmente en algunos meses	Caudal
Filtro I	✓			1.5
Filtro II	✓			1.5
Filtro III	✓			1.5
Filtro IV		✓		0.8
Filtro V		✓		0.7
Filtro VI		✓		0.6
Filtro VII		✓		0.8
Filtro VIII		✓		0.6

18. ¿En los últimos 12 meses como ha sido la producción de agua filtrada?

- Todo el día durante todo el año
- Por horas solo en épocas de sequia
- Por horas todo el año
- Solamente algunos días por semana

E. CALIDAD DEL AGUA:

19. ¿Se clora el agua filtrada permanentemente?

Si.......... No.....

20. ¿Cuál es nivel de cloro residual?

DESCRIPCION			
Lugar de toma de muestra	Baja Cloración (0-0.4 mg/lit)	Ideal (0.5-0.9 mg/lit)	Alta cloración (1.0 - 1.5 mg/lit)
Inicio de Cámara de Contacto		<input checked="" type="checkbox"/>	
Parte media de cámara de contacto		<input checked="" type="checkbox"/>	
Salida de cámara de Contacto de Cloro		<input checked="" type="checkbox"/>	

21. ¿Cómo es el agua que sale de la cámara de contacto de cloro?

Agua Clara.......... Agua turbia..... Agua con residuos extraños

22. ¿Se ha realizado análisis bacteriológico en los últimos 12 meses?

Si.......... No.....

23. ¿Quién supervisa la calidad del agua?

Municipalidad

- MINSA
- JASS
- Otro
- Nadie

F. ESTADO LA INFRAESTRUCTURA:

- o Casa de Químicos

24. Estado de la casa de químicos

Casa de químicos																
Sala de dosificación	Tanques de dosificación									Agitadores Eléctricos/Mecánicos						
	tanque 1					tanque 2				Agitador 1			Agitador 2			
	B	R	M	material		B	R	M	material		B	R	M	B	R	M
				Concreto	Artesanal				Concreto	Artesanal						
X			X		X			X		X			X			

25. Estado del área administrativa (oficina)

Oficina	Escritorio					Computadora		
	B	R	M	Material		B	R	M
				Madera	Metal			
	X			X		X		

26. Estado del área administrativa (laboratorio)

LABORATORIO		
EQUIPOS	Tiene	No tiene
Turbidimetro nefelometrico	✓	
Medidor	✓	
Bureta	✓	
Equipo de prueba de jarras	✓	
Comparador de cloro	✓	
Vasos	✓	
Pipetas	✓	
Baguetas		×
Papel whatman 40	✓	
embudos	✓	

- o Cámara de Carga

27. ¿Tiene válvula de control en el ingreso?

Si..........No.....

28. Describa la cámara de carga (cámara de llegada de L.C.)

Aliviadero (rebose)			Vertedero					
Si tiene		No tiene	Si tiene			No tiene		
En buen Estado	En mal estado		Madera		Metal			
			B	R	M	B	R	M
×			×					

- o Canal de mezcla rápida (Canal Parshall)

29. Tipo de mezclador:

Tipo de Mezclador					
Mecánico			Hidráulico		
B	R	M	B	R	M
			X		

30. ¿Dónde es el punto de aplicación?

- Punto de mayor agitación
- Fuera del punto de mayor agitación

- o Floculador

31. Tipo de floculador

- Mecánico:

- Hidráulico:

32. Si es Hidráulico: Tipo de flujo:

- En serie :
- En paralelo:

33. Estado del floculador

TRAMO:	Long. tramo (m)	Ancho (m)	Nº de Canaletas	Tipo de paneles					
				Concreto			Madera Revestida		
				B	R	M	B	R	M
TRAMO I	9.25	5.25	25				X		
TRAMO II	10.72	5.25	27				X		
TRAMO IV	11.15	5.25	30				X		
.....									

o Canal de distribución de Agua Floculada

34. Estado del canal de distribución:

Compuertas de Control			Estado del canal		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M
x			x		

o Decantador

35. Tipo de decantador

- Convencional
- De placas paralelas o laminar

36. Número de unidades:

- 1
- 2

37. Canal central de agua floculada:

Compuertas de Control			Estado del canal		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M
x			x		

38. Zona de sedimentación:

Compuertas de Control de salida de lodos			Placas paralelas			Estado de la zona de sedimentación		
Si tiene		No tiene	Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		En buen Estado	En mal estado		B	R	M
X			X			X		

39. Sistema de recolección de agua decantada:

Conexiones de Unión flexible			Estado de las tuberías de recolección		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M
X			X		

40. Sistema de almacenamiento y extracción hidráulica de lodos:

Válvulas para el control de lodos			Estado de la tolva de almacenamiento		
Si tiene		No tiene			
En buen Estado	En mal estado		B	R	M
X				X	

o Bateria de filtros rápidos

41. Tipo de filtros:

- Tasa constante
- Tasa declinante

42. Número de unidades: 8

43. Tipo de lecho filtrante

- Simple:
- Doble:

44. Estado de las unidades de filtros

FILTRO											
Nº DE FILTRO	CANAL DE AISLAMIENTO			VALVULA DE CONTROL DE INGRESO				VALVULA DE CONTROL DE LIMPIEZA (RETROLAVADO)			
				Si tiene			No tiene	Si tiene			No tiene
	B	R	M	B	R	M		B	R	M	
FILTRO 1	✓			✓				✓			
FILTRO 2	✓			✓				✓			
FILTRO 3	✓			✓				✓			
FILTRO 4	✓			✓				✓			
FILTRO 5	✓			✓				✓			
FILTRO 6	✓			✓				✓			
FILTRO 7	✓			✓				✓			
FILTRO 8	✓			✓				✓			

o Caseta de cloración

45. Tiene detector de fugas de Cloro (Gas).

- Si No

46. Estado de la caseta de cloración

Sala de Cloradores			Sala de bombas						Almacén de Cloro																			
si tiene			no tiene			si tiene			no tiene			Estado de las bombas			si tiene			no tiene			Estado de la balanza			ventilación				
B	R	M				B	R	M				B	R	M				B	R	M				B	R	M	si tiene	no tiene
✓						✓						✓						✓						✓			✓	

o Cámara de contacto de cloro

47. Estado de la cámara de contacto de cloro

	punto de aplicación del cloro				Vertedero de control en el ingreso						Escalera de ingreso (limpieza)				
	En el resalto generado por vertedero		Fuera del resalto		Madera			Metal							
	B	R	M	B	R	M	B	R	M	B	M	R			
CAMARA DE CONTACTO DE CLORO	<i>Se aplica en el resalto generado por el vertedero (✓)</i>						✓			✓			✓		

FORMATO II

SOBRE LA ADMINISTRACION DE LOS SERVICIOS

Departamento: CAJAMARCA Provincia: SAN MARCOS

Distrito: SAN MARCOS

48. ¿Quién es el responsable de la administración de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- Municipalidad - Autoridades
- Núcleo Ejecutor - Nadie
- Junta Administrativa - EPS
- JASS reconocida

49. Identificar a cada uno de los integrantes del Consejo directivo.

50. ¿Quién tiene el expediente técnico, memoria descriptiva o expediente replanteado?

- Municipalidad - Autoridades
- Núcleo Ejecutor - Nadie
- Junta Administrativa - EPS
- JASS reconocida

51. ¿Qué instrumentos de gestión usan? Marque

- Reglamentos y Estatutos - Padrón de asociados
- Libro de actas - Libro caja
- Recibo de pago de cuota familiar - Otros: (Especificar)
- Asignación del recurso agua: (Licencia, Permiso, Autorización)
- No usan ningún de las anteriores

52. ¿Cuántos usuarios existen en el padrón de asociados de la Planta de Tratamiento de Agua Potable? (Indicar número) 4

53. ¿Existe cuota establecida para los usuarios del servicio de Agua potable?

Sí - No

54. ¿Cuánto es la cuota por el servicio de Agua Potable? (Indicar en Nuevos soles.) 500

55. ¿Cuántos usuarios no pagan la cuota establecida? (Indicar el Numero) 5%

56. ¿Cuántas veces se reúne la directiva con los usuarios de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- Mensual Solo cuando es necesario
- 3 veces por año o más - No se reúnen
- 1 o 2 veces por año

57. ¿Cada que tiempo cambian la Junta Directiva? Marque con una X

- Al año A los tres años
- A los dos años - Más de tres años

58. ¿Quién escogió el tipo de planta de tratamiento?

- Usuarios - Municipalidad
- El Proyecto

59. ¿Cuántas mujeres participan de la Directiva de la Planta de Tratamiento de Agua Potable?

- De 2 mujeres a mas - 1 mujer Ninguna

60. ¿Han recibido cursos de capacitación? Marque con una X

- Sí - No Charlas a veces

61. ¿Qué tipo de cursos han recibido los actuales miembros del Concejo Directivo?

Marque una X; cuando se trate de los directivos.

Cuando se trate de los usuarios, colocar el número de los que se beneficiaron.

DESCRIPCION	TEMAS DE CAPACITACION		
	Limpieza, desinfección y cloración.	Operación y reparación de la Planta de Tratamiento	Manejo administrativo
Mantenimiento del filtro	✓	✓	
y decantadores	✓	✓	

62. ¿Se han realizado nuevas inversiones, después de haber entregado La Planta de Tratamiento de Agua Potable a la Municipalidad Provincial?
(Marque con una X)

- Si

- No

63. ¿En que se ha invertido? Marque con una X

- Reparación - Mejoramiento - Ampliación - Capacitación

Ninguno

SOBRE LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

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

- SI, y se cumple
- SI, pero no se cumple
- SI, se cumple a veces
- No existe

65. ¿Los usuarios participan en la ejecución del plan de mantenimiento?

Marque con una X.

- SI
- A veces algunos
- NO
- Solo la junta

66. ¿Cada que tiempo realizan la limpieza y desinfección de la Planta de Tratamiento de Agua Potable? Marcar con una X

- Una vez al año
- Cuatro veces al año
- Dos veces al año
- Más de cuatro veces al año
- Tres veces al año
- No se hace

67. ¿Cada que tiempo evacuan los lodos? Marcar con una X

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

68. ¿Qué prácticas de conservación de la Planta de tratamiento de Agua potable existen? Marquen con una X

- Pintado
- Forestación
- Conservación de la vegetación natural
- No existe

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

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

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

SI

- No

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

SI

- Algunas

- NO

- Son del gasfitero

Fecha: 05 1 Octubre 2014

Nombre del encuestador: Ligia Eulsen Cheta Rodríguez.

ANEXO III

ENCUESTA APLICADO A LOS USUARIOS

FORMATO III

ENCUESTA PARA DETERMINAR LA COBERTURA DEL SERVICIO (PARA USUARIOS)

Aspectos Generales

Departamento: CAJAMARCA Provincia: SAN MARCOS

Distrito: SAN MARCOS

Nombres y Apellidos: TIRADO CARRERA, Gabino

Número de Integrantes de la familia: 5 (esposo, esposa, 3 hijos)

Abastecimiento

1. ¿De dónde consigue normalmente el agua para consumo de la familia?

- De manantial o puquio
- De río
- De pozo
- Conexión Domiciliaria
- Pileta Publica
- Otro

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

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

3. ¿En los últimos 12 meses, cuanto tiempo ha tenido el servicio de agua?

- Todo el día durante todo el año
- Por horas en solo en épocas de sequía
- Por horas todo el año
- Solamente algunos días por semana

4. ¿Cómo es el agua que consume?

- Agua clara
- Agua turbia
- Agua con elementos extraños

Nombre del encuestador: Orjio Eder Chua Rodríguez Fecha: 03/10/2014

ANEXO IV

RESULTADO DE LA ENCUESTA APLICADO A LOS USUARIOS

Variables	Índices				RESULTADO
	ITEMS				
	4	3	2	1	
COBERTURA					4.0
	AGUA PARA CONSUMO HUMANO				4
	Conexión domiciliaria	Pileta publica	Manantial o Puquio	Rio	4
	LITROS DE AGUA POR DÍA /POR FAMILIA				4
	De 81 a 120 lts	de 41 a 80 lts	de 21 a 40 lts	menor o = a 20 lts	4
	TIEMPO DE SERVICIO EN LOS ULTIMOS 12 MESES				4
	Todo el día durante todo el año	Por horas en épocas de lluvia	Por horas todo el año	Solamente algunos días por semana	4
	COMO ES EL AGUA QUE CONSUMEN				4
	Agua clara	Agua turbia		Agua con elementos extraños	4