

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA HIDRÁULICA



TESIS:

**“EVALUACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO N°01 DE AGUA
RESIDUAL DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

PRESENTADO POR EL BACHILLER EN INGENIERÍA HIDRÁULICA:

JUAN JOSÉ VÁSQUEZ ANTICONA

ASESOR:

DR. ING. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedicado a la Virgencita de la Puerta y al Amito de Marcabalito por estar siempre iluminando cada paso que doy día a día, por darme fortaleza para no renunciar a mis sueños y objetivos, y por bendecirme con padres, para mí, perfectos. A mi familia entera que, con su apoyo incondicional, confianza y motivación, fueron un gran medio para alcanzar mi meta profesional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres Elvia Anticona y José Vásquez, quienes fueron un gran ejemplo de sacrificio, perseverancia y entrega para alcanzar objetivos trazados, quienes me guiaron a hacer siempre lo correcto y enseñaron que con esfuerzo, dedicación y Dios siempre presente; las personas no vivirán con remordimientos.

A mi asesor Gaspar Virilo Méndez Cruz, por el apoyo en todo momento, durante el planteamiento y desarrollo de este trabajo presentado.

A mis maestros y compañeros por la enseñanza, lo vivido, valores compartidos y la formación que día a día en aulas y casa universitaria fue brindada.

CONTENIDO

	pág.
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	2
1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.5. LIMITACIONES	3
1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
CAPÍTULO II	4
MARCO TEÓRICO	4
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	4
2.2. BASES TEÓRICAS	17
2.2.1. MEDICIÓN O AFORO DE CAUDAL	17
2.2.2. AGUAS RESIDUALES	18
2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL	19
2.2.4. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	22
2.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL	22
CAPÍTULO III	25
MATERIAL Y MÉTODOS	25
3.1. UBICACIÓN	25
3.2. MATERIALES	29
3.3. METODOLOGÍA	30
CAPÍTULO IV	38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1 COMPARAR LAS POBLACIONES PROYECTADAS PARA EL AÑO 2022	38
4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y COMPONENTES DE LA PTAR N°01	40
4.3 MEDICIÓN DEL CAUDAL QUE INGRESA A LA PTAR N°1	49
4.4 RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO	67
4.5 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESCONTAMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°01	69
CAPÍTULO V	80

CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES	81
PROPUESTA DE MEJORA	81
CAPÍTULO VI	82
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	82
CAPÍTULO VII	84
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

pág.

Tabla 1: Proyección de población Total, Cobertura y Población Servida.....	7
Tabla 2: Caudales a ser drenados a la PTAR N° 01	7
Tabla 3: Contribución Orgánica de las Aguas Residuales	8
Tabla 4: Resumen Bases de Diseño	9
Tabla 5: Caudales a ser drenados a la PTAR N° 01	10
Tabla 6: Determinación de factor de corrección Fc	18
Tabla 7: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de una PTAR	19
Tabla 8: Cuadro de coordenadas de PTAR N°01	28
Tabla 9: Métodos de ensayo para análisis de parámetros	35
Tabla 10: Valores de LMP de Efluentes para ser Vertidos a cuerpos de Agua.....	35
Tabla 11: Censo 2007 de la ciudad de Cajabamba.....	38
Tabla 12: Censo 2017 de la ciudad de Cajabamba.....	38
Tabla 13: Comparativa de población censada y población proyectada.....	39
Tabla 14: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus	51
Tabla 15: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus	57
Tabla 16: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus	62
Tabla 17: Resumen de aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus.....	66
Tabla 18: Resumen de aforo en acequia.....	67
Tabla 19: Resultados obtenidos del muestreo de agua residual	67
Tabla 20: Comparación de LMP y muestras tomadas.....	68
Tabla 21: Porcentaje de descontaminación SST	72
Tabla 22: Porcentaje de descontaminación DQO.....	73
Tabla 23: Porcentaje de descontaminación DBO5.....	75
Tabla 24: Porcentaje de descontaminación Aceites y Grasas	76
Tabla 25: Porcentaje de descontaminación Coliformes Termotolerantes	78

ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1: Esclerómetro con el que se realizó la prueba.....	12
Figura 2: Realizando prueba con esclerometro en el tanque Imhoff de la PTAR N°01	12
Figura 3: Punto de extracción de muestra en la parte anterior del muro del tanque Imhoff 02-PTAR 2.....	14
Figura 4: Extracción de segunda muestra adyacente a los puntos de ensayo de esclerometría, debido a que la muestra 01no servirá para ensayo de compresión por estar fisurada.	15
Figura 5: Extracción de testigo de concreto existente	15
Figura 6: Tecnico muestra el testigo de concreto existente de probeta 2” en el muro lateral del tanque imhoff 02-PTAR 2 dyacente a estructura de lecho de secado	16
Figura 7: Muestra 01 extraida, presentando fisura en toda la longitud de la muestra.	16
Figura 8: Ubicación de la ciudad de Cajabamba.....	25
Figura 9: Ubicación de la PTAR N°01.....	26
Figura 10: PTAR 1	27
Figura 11: Diagrama del sentido y dirección del flujo de aguas negras de la PTAR N°01	30
Figura 12: Ubicación de puntos de muestreo	33
Figura 13: Ingreso de aguas del sistema de alcantarillado al sistema de tratamiento	41
Figura 14: Residuos atrapados por la criba	42
Figura 15: Curva del medidor de caudal Palmer-Bowlus de la PTAR N°01	43
Figura 16: Medidor de caudal modelo Palmer Bowlus no abastece caudal	44
Figura 17: Tubería de conducción.....	45
Figura 18: Descarga del agua residual cribada en el tanque Imhoff	46
Figura 19: Ingreso de tuberia de tanque inmhoff hacia filtro percolador.....	46
Figura 20: Filtro percolador captado el año 2017	47
Figura 21: Filtro percolador captado el año 2022	48
Figura 22: Tanque Dortmund N°1 y N°2.....	48
Figura 23: Toma de medida de la profundidad del flujo.....	51
Figura 24: Agua residual desborda la estructura de pre tratamiento	51
Figura 25: Determinación del tramo que recorrerá el flotador.....	53
Figura 26: Aforo por el método volumétrico	55
Figura 27: Toma de datos.....	56
Figura 28: Tratamiento primario colapsa solo en el horario de 9am a 10am	57
Figura 29: Aforo por el método del flotador	59
Figura 30: Aforo por el método volumétrico	60

Figura 31: Medida de la profundidad del flujo.....	62
Figura 32: Limpieza de espuma para facilidad en la toma de datos.....	63
Figura 33: Aforo por el método del flotador	64
Figura 34: Aforo por el método volumétrico	66
Figura 35: Dirección que sigue el flujo en la estructura con un caudal de 20.83 L/s.....	70
Figura 36: Simulación del comportamiento del flujo con un caudal de 34.4 L/s.....	70
Figura 37: Dirección que sigue el flujo en la estructura con un caudal de 76.13 L/s.....	71
Figura 38: Simulación del comportamiento del flujo con un caudal de 76.13 L/s.....	71

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1: Comparativa de Coliformes Termotolerantes	69
Gráfico 2: Porcentaje retenido de SST	73
Gráfico 3: Porcentaje retenido de DQO	74
Gráfico 4: Porcentaje retenido de DBO5	76
Gráfico 5: Porcentaje retenido de Aceites y Grasas	77
Gráfico 6: Porcentaje retenido de Coliformes Termotolerantes.....	79

TÉRMINOS BÁSICOS

En el desarrollo del presente trabajo se han empleado los siguientes términos básicos:

- **Aguas residuales:** Son cualquier tipo de agua, cuya calidad está afectada negativamente por la influencia de las actividades del hombre.
- **Aguas residuales domésticas:** Aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por el metabolismo humano y las actividades domésticas.
- **Aguas residuales no domésticas:** Aguas residuales producidas por alguna actividad económica, comercial e industrial.
- **Aguas residuales industriales:** Todas las aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial.
- **Aguas residuales urbanas:** Las aguas residuales urbanas, son la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales y con aguas de escorrentía pluvial.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):** Conjunto de normas que tiene por objeto dar los criterios y requisitos mínimos para el diseño y ejecución de las habilitaciones urbanas y las edificaciones.
- **Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS):** Organismo público regulador, que tiene como función garantizar la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito urbano y rural.
- **Autoridad Nacional de Agua (ANA):** Organismo especializado que tiene el fin de administrar, conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas de manera sostenible, promoviendo a su vez la cultura del agua.
- **Límites Máximos Permisibles (LMP):** Es la medida de concentración del grado de elementos, sustancias, parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros biológicos; que, al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bien estar humano y al medio ambiente.
- **Valores máximos admisibles (VMA):** Son aquellos valores de concentración de elementos, sustancias, parámetros físicos y químicos que caracterizan un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de desagüe o alcantarillado y que, al ser excedidos causan daño inmediato o progresivo a las instalaciones o infraestructura sanitaria, maquinaria, así como también a los equipos de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5):** Es un parámetro que mide la cantidad de dióxido consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida.
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Se define como cualquier sustancia tanto orgánica como inorgánica susceptible de ser oxidada, mediante un oxidante fuerte.
- **Sólidos totales (ST):** Parámetro general e inclusivo presente en el agua en estado sólido, su valor se determina evaporando directamente el agua de muestra.
- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Parámetro utilizado en la calificación de la calidad de agua y en el tratamiento de aguas residuales. Indica la cantidad de sólidos presentes en suspensión y que pueden ser separados por medios mecánicos, como la filtración en vacío o la centrifugación del líquido.
- **Sólidos disueltos Totales:** El total de sólidos disueltos es una medida del contenido combinado de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas contenidas en un líquido en forma molecular, ionizada o en forma de suspensión micro-granular (sol coloide).
- **Estándares de calidad ambiental (ECA):** Es un instrumento de gestión ambiental que se establece para medir el estado de la calidad del ambiente en el territorio nacional.
- **Ministerio del Ambiente (MINAM):** Es El sector del Poder Ejecutivo del Perú encargado de formular, planificar, dirigir, supervisar y evaluar la Política Nacional del Ambiente (PNA) promoviendo la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales.
- **Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI):** Organismo constitucional autónomo del Perú que se encarga de dirigir los sistemas nacionales de estadística y también de informática del Perú, es encargado también de los censos de población, de vivienda, de empresas, agrarios, universitarios, etc.
- **Materia Orgánica:** Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos.
- **Organismos Patógenos:** Los organismos patógenos que se encuentran en el agua residual pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que son portadores de una determinada enfermedad.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar la Planta de Tratamiento de Agua Residual N°01 (PTAR N°01) de la ciudad de Cajabamba, para ello se describió sus instalaciones, se determinó el caudal de ingreso hacia la PTAR N°01, se evaluó el funcionamiento y el nivel de la descontaminación de cada componente. Para lograr los objetivos planteados se inició describiendo en forma secuencial la recámara de reja fina, el medidor de caudal, la conducción y distribución del agua residual cruda, los tanques Imhoff, la distribución hacia los filtros percoladores, los filtros percoladores, los sedimentadores Secundario o Tanques Dortmund, la desinfección, la recolección y disposición final, terminando con la descripción de lechos de Secado; para determinar el caudal que ingresa a la PTAR N°01 se utilizó el método del flotador, el método volumétrico y la curva calibrada del medidor de caudal modelo Palmer Bowls obteniendo un caudal de aforo de 76.13 L/s, encontrando que del total del caudal aforado 9.10 L/s no tiene tratamiento y va a dar directamente al río Lanla después que desborda la primera estructura del sistema; para evaluar el funcionamiento y el nivel de descontaminación de cada componente se analizaron cinco parámetros que son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Suspendedos Totales (SST), Aceites y Grasas y Coliformes Termotolerantes y tras los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio se concluyó que el Tanque Imhoff N°1 tiene un porcentaje de remoción de: SST del 79.18%, DQO del 63.44%, DBO5 del 67.66%, Aceites y Grasas del 69.96%, Coliformes Termotolerantes del 45.83% y que entre el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2 tienen un porcentaje de remoción de: SST del 87.95%, DQO del 88.50%, DBO5 del 91.76%, Aceites y Grasas del 80.69% y Coliformes Termotolerantes del 97.08%. Pese a que todo el sistema de tratamiento tiene un porcentaje de remoción de Coliformes Termotolerantes del 99.46%, este porcentaje de remoción no es suficiente; ya que, los resultados de laboratorio indican que se vierten al río Lanla 130,000NMP/100mL COLIFORMES TERMOTOLERANTES siendo el Límite Máximo Permisible según el Ministerio del Ambiente (MINAM) es de 10,000NMP/100mL.

Palabras clave: Evaluación, contaminación, remoción y tratamiento de aguas residuales.

ABSTRACT

The objective of this research work is to assess the Wastewater Treatment Plant N°01 (PTAR N°01) of the city of Cajabamba, for which its facilities were described, the income flow was determined, the operation and the level of decontamination of each component. To achieve the stated objectives, it began by sequentially describing the fine-grid chamber, the flow meter, the conduction and distribution of raw wastewater, the Imhoff tanks, the distribution to the trickling filters, the trickling filters, the Secondary or Dortmund tanks, disinfection, collection and final disposal, ending with the description of drying beds; to determine the flow that enters the PTAR N°01, the float method was used, the volumetric method and the calibrated curve of the Palmer Bowlus model flow meter obtaining a flow rate of 76.13 L/s, finding that of the total flow rate, 9.10 L/s has no treatment and goes directly to the river. Lanla after he overflows the first structure of the system; To evaluate the operation and decontamination level of each component, five parameters were analyzed: Biochemical Oxygen Demand (DBO5), Chemical Oxygen Demand (DQO), Total Suspended Solids (SST), Oils and Fats and Thermotolerant Coliforms and after. The results obtained in the laboratory test concluded that Imhoff Tank N°1 has a removal percentage of: SST of 79.18%, DQO of 63.44%, DBO5 of 67.66%, Oils and Fats of 69.96%, Thermotolerant Coliforms of 45.83 % and that between the Imhoff Tank N°2 and Trickling Filter N°2 have a removal percentage of: SST of 87.95%, DQO of 88.50%, DBO5 of 91.76%, Oils and Fats of 80.69% and Thermotolerant Coliforms of 97.08%. Although the entire treatment system has a Thermotolerant Coliform removal percentage of 99.46%, this removal percentage is not enough; since, the laboratory results indicate that 130,000NMP/100mL THERMOTOLERANT COLIFORMES are discharged into the Lanla river, being the Maximum Permissible Limit according to the Ministry of the Environment (MINAM) is 10,000NMP/100mL.

Keywords: Evaluation, pollution, removal, and treatment of wastewater.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Existe mucha incertidumbre en la población de la ciudad de Cajabamba, ubicada en la región de Cajamarca, respecto a la descontaminación de las aguas residuales de la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) N°01 que inicio su construcción en el año 2010 y entra en funcionamiento a finales del año 2018; esta planta está ubicada en la zona Oeste de la ciudad (Peña del Olvido), a esta incertidumbre se suma que el crecimiento urbano de la ciudad de Cajabamba, su desarrollo, el aumento de la tasa de natalidad, el aumento de la demanda de los servicios de agua, alcantarillado y saneamiento han incrementado la contaminación de la mayoría de ecosistemas receptores de agua; todo esto debido al vertimiento sin tratamiento en el cauce de ríos, y tratamiento deficiente de las aguas residuales. Esta situación conlleva a tomar conciencia de la importancia que tiene el evaluar el tratamiento que siguen las aguas residuales y proponer, si fuese necesario, modificaciones, ampliaciones e incluso la propuesta de una nueva alternativa de tratamiento para optimizar la descontaminación y remoción de parámetros específicos en función de condiciones socioeconómicas, de su factibilidad técnica, disponibilidad de área, operación y mantenimiento; con estas acciones se espera optimizar el sistema de tratamiento para evitar con sus descargas un deterioro mayor a los ecosistemas receptores, además de disminuir la presencia de malos olores y otros efectos nocivos para la salud de las personas que hacen uso y que se están viendo afectadas (pobladores de Huayllabamba, Ichabamba, Higosbamba, Parubamba y Ñuñubabamba)

Los criterios de evaluar una PTAR no sólo puede resultar beneficioso para comparar el resultado de la capacidad real del tratamiento con la capacidad teórica estimada, sino, además documentar y optimizar el rendimiento de la planta, la confiabilidad de los resultados, su rentabilidad y la eficiencia de operaciones específicas o partes del proceso.

1.1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Recepción de aguas residuales del camal municipal en la Planta de Tratamiento de agua residual N°01, ubicada en la zona Oeste de la ciudad de Cajabamba-Cajamarca y la incertidumbre en la población respecto a la descontaminación de las aguas residuales.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Teniendo presente los alcances dados anteriormente y teniendo como alcance propio, se dice que la evaluación de los diversos componentes de la planta de tratamiento de agua residuales N°01 de la ciudad de Cajabamba ¿generará el conocimiento de su nivel de descontaminación?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Científica

Debido a la normativa dada por la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), de no enviar aguas con agentes contaminantes al medio ambiente; es necesario evaluar el tratamiento de aguas residuales para que nos genere un diagnóstico sobre el funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual, y según ello, optimizar el tratamiento.

1.3.2. Técnica práctica

Este proceso debe realizarse en cada Planta de Tratamiento de agua residual de nuestra región, sobre todo si hay evidencias de contaminación, este es el caso de la PTAR I, que trata el 62% de las aguas residuales de la ciudad de Cajabamba, que, con el transcurso de los años ha puesto en riesgo a las personas por la contaminación existente en ella, o porque no se le ha dado la atención necesaria para tomar medidas de prevención adecuadas.

1.3.3. Institucional y personal

El campo de la ingeniería hidráulica que entre sus estudios evalúa los sistemas de tratamiento que siguen las aguas residuales, fue la razón más importante de motivación para el desarrollo del presente trabajo.

1.4. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La naturaleza de esta investigación no solo busca optimizar el tratamiento de agua residual, sino también se podrá considerar como punto de referencia para conocer el estado de la planta, permitiendo la naturaleza de este estudio generalizar su aplicación a sistemas similares de características, condiciones hidráulicas y ambientales de otra región o inter-regiones subnacionales o internacionales; siempre y cuando cumplan las normativas dadas por la SUNASS.

1.5. LIMITACIONES

No contar con un laboratorio fisicoquímico en la ciudad de Cajabamba para el análisis de muestras de aguas residuales, esto podría alterar los resultados de los parámetros analizados; ya que las muestras tomadas in situ se han trasladado hasta el Laboratorio Regional del Agua.

1.6. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo General

Evaluar la Planta de Tratamiento de aguas residuales N°01 de la ciudad de Cajabamba-Cajamarca.

1.6.2. Objetivos específicos

- ✓ Describir las instalaciones y operaciones de la PTAR
- ✓ Determinar el caudal de ingreso de la PTAR
- ✓ Evaluar el funcionamiento y el nivel de descontaminación de sus componentes de la PTAR
- ✓ Proponer una mejora en la descontaminación de la PTAR.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

El 70% de las aguas provenientes del sistema de alcantarillado de una ciudad, no reciben ningún tratamiento; asimismo, de las Plantas destinadas al tratamiento del agua residual que existen en el país, solo el 14% cumplen con la normatividad vigente establecida para el funcionamiento de las mismas (SUNASS, 2008).

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES TEÓRICOS

Manuel, M. B. (2016), señala que “determinó la eficiencia en la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST) de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín”. Para determinar dicha eficiencia realizó toma de muestras en dos puntos, P1 influente de la PTAR y P2 efluente de la PTAR, para su análisis en el Laboratorio Regional de Cajamarca (Pg.33); evaluó y comparó los resultados de los parámetros de ensayo (DBO, DQO y SST) con los Límites Máximos Permisibles (LMP) para efluentes vertidos a cuerpos de agua, según D.S. N°003-2010-MINAM (Pg.37), y habiendo determinado la concentración de los parámetros analizados, calculó de forma cuantitativa que la eficiencia de remoción tiene el 91.507% de eficiencia para DBO, 91.095% para DQO, y 83.20% para SST; por lo que afirma que la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín es alta (Pg.51).

Mariela, N. F. (2019), señala que “determinó la eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en el distrito de Cajabamba, en la remoción de DBO5, DQO, SST, aceites y grasas y coliformes termotolerantes”. Para determinar dicha eficiencia tomó muestras de los afluentes y efluentes generados en dicha planta para luego analizarlas en el Laboratorio Regional del Agua (Pg.46). Como producto de su trabajo se pudo determinar que la PTAR mediante filtros percoladores no es eficiente en la remoción de materia orgánica mediante los indicadores de DBO5 y DQO dichos valores fueron de 23,20% y 27,63% respectivamente (valores que se encuentran muy por debajo de los aceptables para este tipo de tratamiento), en cuanto a la remoción de Sólidos Suspendidos Totales si es eficiente, ésta fue del 50%, la PTAR no es eficiente en la remoción de Coliformes Termotolerantes, cuyo valor fue del 65,62% (se encuentra por

debajo del promedio de eficiencia para este parámetro) y la eficiencia en la remoción de aceites y grasas fue del 82,20%, encontrándose dentro del promedio de eficiencia para este tipo de tratamiento de aguas residuales. Mariela finalizando su trabajo propone implementar un modelo propuesto para la planta de tratamiento de aguas residuales a través del método de lodos activados” (Pg. 84)

2.1.2. ANTECEDENTES LOCALES

En la ciudad de Cajabamba, región de Cajamarca se ha puesto en marcha dos PTARs proyectadas a tratar según el 62% (PTAR 1- peña del olvido) y el 38% (PTAR 2-Gloriabamba) de las aguas residuales de la ciudad de Cajabamba. El diseño de la PTAR N°01 fue ejecutado por el Consultor Nippon Jogesuido Sekkei (NJS) en el año 2007. El consultor contempló que, una vez concluido el proyecto, se atendería el 90% de la población y al final del año horizonte (2027), la cobertura de los sistemas de saneamiento será del 92% de la población (N.J.S., 2007).

a. Bases de diseño.

El diseño de la PTAR N°01, se ha desarrollado en base al diseño original elaborado por el Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION; es decir que, el Consultor NJS no pudo modificar la dotación (105.9 L/hab.día), proyecciones de dotación, demandas, fórmulas utilizadas y el tamaño y capacidad de la infraestructura indicada en el Estudio de Preinversión para el Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cajabamba. (N.J.S., 2007)

Según el Centro Latinoamericano de Demografía, la proyección para una población de diseño, es un cálculo que estima el crecimiento aproximado previsto en su número de habitantes de un lugar específico para un año futuro determinado. Existiendo los siguientes métodos para determinarla (CELADE, 1986):

a. Método aritmético.

Se usan en el cálculo de población proyectada, con las condiciones de que estas van cambiando en la forma de una progresión aritmética.

$$PF = Pi + K_a(T_f - T_i) = Pi + K_a * \Delta T \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

PF: Población futura estimada para un tiempo Tf.

Pi: Población inicial, conocidos por datos censales por INEI.

Tf: Tiempo futuro, tiempo en el instante para el cual se calcula la población Pf.

Ti: Tiempo inicial, tiempo en el instante para el cual se calcula la población referencial Pi.

Ka: Coeficiente de crecimiento.

$$K_a = \frac{\Delta P}{t_f - t_i} \dots\dots\dots (2)$$

b. Método geométrico.

Este método usualmente se utiliza en poblaciones que muestran una actividad económica creciente. Se entiende que es un crecimiento geométrico, si el aumento de la población es proporcional al tamaño de esta; la ecuación empleada es:

$$PF = Pi * (1 + r)^{T_f - T_i} \dots\dots\dots (3)$$

Donde:

PF: Población futura.

ΔT : Variación del tiempo

r: Tasa de crecimiento.

$$r = \left(\frac{p_f}{p_i}\right)^{1/10} - 1 \dots\dots\dots (4)$$

Tabla 1: Proyección de población Total, Cobertura y Población Servida

Año		Población total Hab.	Cobertura (%)	Población servida hab.
0	2007	14,528	84.7%	12,300
1	2008	14,728	90.0%	13,255
5	2012	15,512	90.4%	14,026
10	2017	16,440	90.9%	14,952
15	2022	17,295	91.5%	15,820
20	2027	18,060	92.0%	16,615

Fuente: Estudio de Factibilidad – Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

Tabla 2: Caudales a ser drenados a la PTAR N° 01

Año		Población Servida Hab.	Caudal Promedio		Caudal Máximo	
			m3/d	L/s	m3/d	L/s
0	2007	12,300	1,488	17.2	3,080	35.7
1	2008	13,255	1,123	13.0	2,447	28.3
5	2012	14,026	1,187	13.7	2,565	29.7
10	2017	14,952	1,266	14.7	2,710	31.4
15	2022	15,820	1,339	15.5	2,844	32.9
20	2027	16,615	1,408	16.3	2,970	34.4

Fuente: Estudio de Factibilidad – Gobierno Regional de Cajamarca -PRO REGION

Para Cortés Martínez, Treviño Cansino y Tomasini Ortiz en su libro Dimensionamiento de Lagunas de Estabilización pg. 33, teniendo la población proyectada, la dotación de agua y la contribución de DBO, se puede determinar el DBO proyectado sin resultados de laboratorio (Cortés, Treviño, & Tomasini, 2017).

- Determinación del caudal promedio:

$$Q_{promedio} \left(\frac{m^3}{dia} \right) = \frac{Población * Dotación * Coeficiente de retorno}{1000} \dots\dots (5)$$

El consultor NJS consideró el coeficiente de retorno de 0.8 según RNE Norma OS.090

- Determinación Del DBO sin resultados de laboratorio:

$$BBO \text{ en el influente} = \frac{Población * Contrib.DBO}{Q_{promedio}} \dots\dots\dots (6)$$

Tabla 3: Contribución Orgánica de las Aguas Residuales

Año	Población Servida Hab.	Caudal Promedio		Carga Orgánica (DBO)			
		m3/d	L/s	g/hab-d	kg/d	mg/l	
0	2007	12,300	1,488	17.2	45.0	554	372
1	2008	13,255	1,123	13.0	45.2	600	534
5	2012	14,026	1,187	13.7	46.2	648	546
10	2017	14,952	1,266	14.7	47.4	709	560
15	2022	15,820	1,339	15.5	48.7	770	575
20	2027	16,615	1,408	16.3	50.0	831	590

Fuente: Estudio de Factibilidad – Gobierno Regional de Cajamarca -PRO REGION

Tabla 4: Resumen Bases de Diseño

Parámetro	2008	2017	2027
Población servida (hab)	13,255	14,952	16,615
Caudal promedio m3/día	1,123	1,266	1,408
L/s	13.0	14.7	16.3
Caudal máximo m3/día	2,447	2,710	2,970
L/s	28.3	31.4	34.4
Caudales de diseño (L/s)			
Estructuras hidráulicas	34.4	34.4	34.4
Procesos de tratamiento	13.0	14.7	16.3
Cargas orgánicas (kg/día)	600	709	831
Concentración del desecho (mg/l)			
Aporte per cápita (g/l-hab-d)	45.2	47.4	50.0
Demanda bioquímica de oxígeno	534	560	590
Sólidos suspendidos (mg/l)	2.3E+08	2.4E+08	2.4E+08
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1.0/1.2	1.0/1.2	1.0/1.2

Fuente: Estudio de Factibilidad – Gobierno Regional de Cajamarca -PRO REGION

b. Normas de diseño

Se ha respetado las Normas Técnicas del Reglamento Nacional de Edificaciones – RNE, en especial la Norma OS.090 – Plantas de Para el diseño y cálculo de cada uno de los procesos de tratamiento de aguas tratamiento de aguas residuales, publicado en junio del año 2006; de otra parte, el RNE de junio de 2006, en el Título I – Generalidades - capítulo G.010 - Consideraciones Básicas – especifica en su Artículo 1 “El RNE 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 que establecen los requisitos mínimos para el diseño de las diferentes obras civiles que conformarán la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Cajabamba (N.J.S., 2007).

c. Diseño de la PTAR N°01 de la ciudad de Cajabamba.

Para el diseño definitivo de la PTAR de Cajabamba, se partió de la premisa indicada en las bases de diseño, es decir que el Consultor NJS no pudo modificar la dotación, proyecciones de población, demandas, fórmulas utilizadas y el tamaño y capacidad de la infraestructura indicada en el Estudio de Preinversión para el Proyecto de Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de la ciudad de Cajabamba. Sin embargo, al amparo del Numeral 5.1.1 de la Norma OS.090, los diseñadores han ejecutado un análisis detallado para justificar el dimensionamiento de los procesos de la PTAR recomendado en el Estudio de Preinversión para condiciones por encima del caudal promedio (N.J.S., 2007).

De esta manera el Consultor NJS concluyó que no era necesario introducir cambios en los tipos de procesos de tratamiento y en la configuración física de la planta, eso después de haber realizado un Estudio de Alcantarillado obteniendo valores menores a los brindados por el Gobierno Regional de Cajamarca -PRO REGION.

Tabla 5: Caudales a ser drenados a la PTAR N° 01

Año	Población Servida Hab.	Caudal Promedio		Caudal Máximo		
		m3/d	L/s	m3/d	L/s	
0	2007	7,454	901	10.4	1,867	21.64
1	2008	8,193	680	7.9	1,483	17.15
5	2012	8,655	719	8.3	1,555	18.00
10	2017	9,208	767	8.8	1,642	19.03
15	2022	9,731	812	9.4	1,724	19.94
20	2027	10,203	853	9.9	1,800	20.83

Fuente: Estudio de Alcantarillado-NJS

El diseño de la PTAR N°01 se ha ejecutado para el caudal máximo horario del año 2027, y estimado en **20.83L/s**

d. Resistencia del concreto.

De acuerdo a información brindada por personal profesional del Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION, el concreto con lo que se ha construido los tanques Imhoff de las Plantas de Tratamiento de la ciudad de Cajabamba, es de calidad $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$, y tiene una edad mayor a 28 días.

El viernes 24 de junio del año 2016 se realizó la verificación y ensayo de resistencia de concreto del TANQUE IMHOFF con esclerómetro, según lo indicado por el Ing. JUAN CARLOS FLORES CRDENAS (director del Proyecto NJS Sucursal del Perú) en el oficio N°597-GR.CAJ/PROREGION/UI. La verificación y ensayo de resistencia de concreto del TANQUE IMHOFF con esclerómetro inició a las 10 de la mañana en las instalaciones de la PTAR N°01 (peña del olvido), para dicha verificación estuvieron presentes por parte de PROREGION: Los ingenieros: Antonio Medina Centurión y Alonso Albuja Núñez y un representante del área de sostenibilidad de la misma entidad, por parte de SEDACAJ los ingenieros: Oscar Santisteban Kaneko (Gerente General), Armando Vargas Alvares (Gerente Operacional) y Juan Felipe Díaz (Gerente de Ingeniería) acompañados a su vez con la abogada Leny Valera Gonzales jefa de oficina de asesoría legal de dicha institución y por parte de NJS Sucursal del Perú Ing. Francisco Silva Mondoñedo (asistente de supervisión).

El Ing. Antonio Medina Centurión fue el responsable de realizar la prueba de la resistencia de concreto con el uso de esclerómetro (para la realización del ensayo se utilizó un esclerómetro o martillo Schmidt marca PyS Equipos, Serie 115, modelo Zc-A) junto con su operador del esclerómetro el Ing. Norman Alfredo Sifuentes Ortiz. Una vez identificado los lugares (dos por cada tanque imhoff), se inició en el tanque imhoff 2 y luego en el tanque imhoff 1 (este mismo procedimiento se lo realizo también a la PTAR N°02)



Figura 1: Esclerómetro con el que se realizó la prueba
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION



Figura 2: Realizando prueba con esclerometro en el tanque Imhoff de la PTAR N°01
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

El 29 de junio de 2016 con carta N°006-NTI-NALFRE-L.M.S.y.C-2016 el Ing. Norman Alfredo Sifuentes Ortiz, presenta los ensayos de ESCLEROMETRÍA (determinación de la resistencia a compresión) realizados en los tanques Imhoff de la PTAR N°01 y PTAR N°02 de la ciudad de Cajabamba, y el 05 de julio de 2016 con informe N°189-2016GR.CAJ /PROREGION/UI/AMC dirigido el Ing. Luis A. Arriola silva, el Ing. Antonio G. Medina Centurión (inspector de Obra), informa a la unidad de ingeniería los resultados:

1. Lectura promedio del esclerómetro en tanque Imhoff de la PTAR 1.
 - a. Tanque Imhoff derecho:
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) lado derecho = 250
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) lado izquierdo = 238
 - b. Tanque Imhoff izquierdo:
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) lado derecho = 280
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) lado izquierdo = 250

2. Lectura promedio del esclerómetro en tanque Imhoff de la PTAR 2.
 - a. Tanque Imhoff derecho:
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) = 350
 - b. Tanque Imhoff izquierdo:
 - ❖ Resistencia Promedio del concreto (kg/cm²) = 190

Dicho informe se hizo llegar a la Empresa Supervisora NJS/Sucursal del Perú para su respuesta referente a la resistencia de concreto del TANQUE IMHOFF lado izquierdo de la PTAR N°02, cuya resistencia fue de 190kg/cm², tal como se indica en el informe respectivo, resultado que contradice a las especificaciones técnicas (245g/cm²) del Expediente Técnico Primigenio; razón por la cual, es el control de calidad de los trabajos en la obra, cautelando de forma directa y permanente la correcta ejecución de la obra y el cumplimiento del contrato.

El 11 de julio de 2016 con informe N°194-2016GR.CAJ/ PROREGION/UI/AMC, Ing. Antonio G. Medina Centurión (inspector de obra), en referencia al resultado de esclerometría solicita ensayo de diamantina para la infraestructura que no cumplió con las especificaciones técnicas (Tanque Imhoff 2-PTAR N°02), el cual se

determinó el ensayo para la fecha 14 de julio de 2016. Con referencia del informe N°059-2016GR.CJA/PROREGION/UI/CAAN, se da la descripción de ensayo de resistencia de concreto con extracción de muestra con diamantina; la cual cuyo informe de los resultados por parte de la empresa que realizó dicha prueba fue favorable, por ende, se prosiguió a considerar esta partida e informar que:

1. La extracción de los ensayos de auscultación destructivos en concreto endurecido (llamados también extracción de núcleos o corazones en concreto endurecido con diamantina), se realizó el 14 de julio del 2016 en acorde a lo estipulado en la Norma A.S.T.M. C 42M-13(N.T.P.339.059).

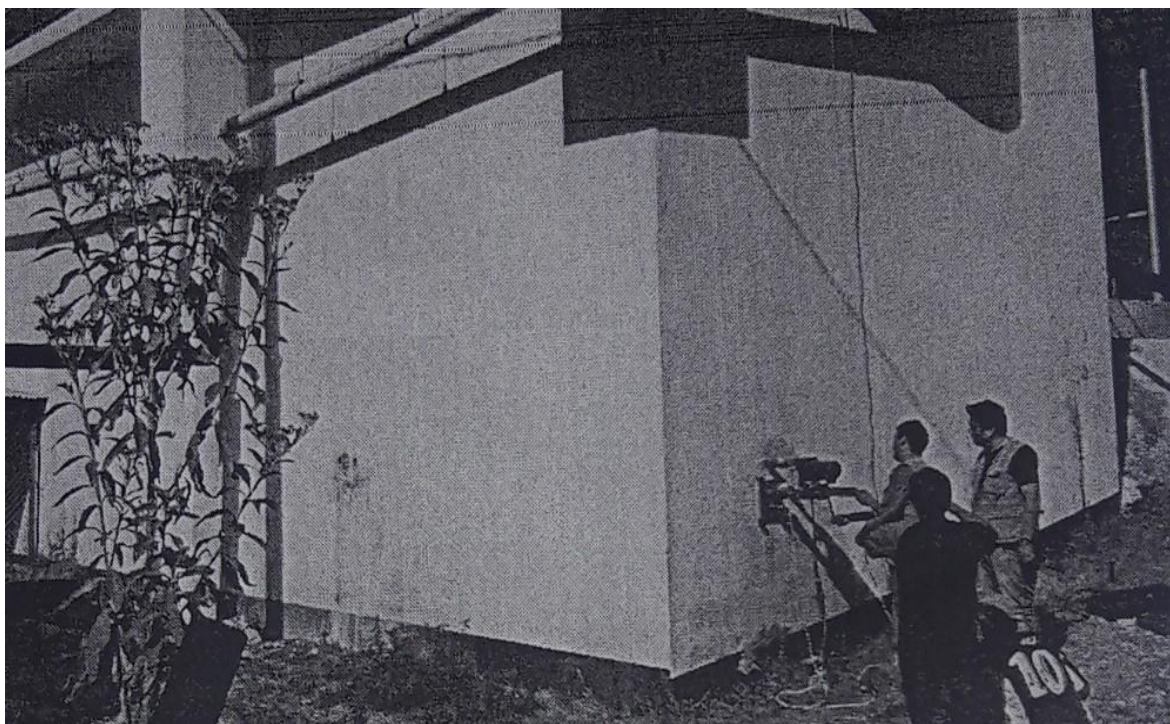


Figura 3: Punto de extracción de muestra en la parte anterior del muro del tanque Imhoff 02- PTAR 2

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

2. Se realizó la extracción de 04 núcleos, las zonas donde se extrajeron los corazones o núcleos fueron elegidos por el personal de PROREGION-CAJAMARCA.



Figura 4: Extracción de segunda muestra adyacente a los puntos de ensayo de esclerometría, debido a que la muestra 01 no servirá para ensayo de compresión por estar fisurada.

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

3. El ensayo en mención, evaluó la resistencia a compresión uniaxial, el cual consiste en la extracción con diamantina (ASTM C 42M-13), REFRENDADO (ASTM C 1231).



Figura 5: Extracción de testigo de concreto existente
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

4. De los ensayos realizados se obtuvieron los siguientes resultados:
- ❖ M-2 Muros de Tanque IMHOFF2-PTAR N°02: 466kg/cm² (190%)
 - ❖ M-3 Muros de Tanque IMHOFF2-PTAR N°02: 498kg/cm² (203%)
 - ❖ M-4 Muros de Tanque IMHOFF2-PTAR N°02: 534kg/cm² (218%)



Figura 6: Tecnico muestra el testigo de concreto existente de probeta 2” en el muro lateral del tanque imhoff 02-PTAR 2 dyacente a estructura de lecho de secado
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

5. Se señaló que el núcleo correspondiente a la muestra M-1, presentaba una fisura a lo largo de toda su longitud, por lo que no se realizó su respectivo ensayo en compresión, por cuanto se encontraba deteriorado, lo que hubiera invalidado el resultado.



Figura 7: Muestra 01 extraida, presentando fisura en toda la longitud de la muestra.
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

6. De acuerdo al reglamento ACI 318S-14, el concreto de la zona representada por las pruebas de corazones o núcleos, se considera estructuralmente adecuada; si el promedio de la resistencia a compresión de tres corazones es por lo menos igual al 85% de la resistencia a compresión específica ($f'c$) y ningún corazón debería tener una resistencia menor del 75% de la resistencia a compresión específica ($f'c$).
7. Por consiguiente, de los resultados obtenidos de las pruebas, se concluyó que todos los núcleos han cumplido con la resistencia a compresión de diseño especificada ($f'c=245\text{kg/cm}^2$)

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MEDICIÓN O AFORO DE CAUDAL

Este parámetro está dado por el flujo volumétrico (caudal) que pasa o atraviesa una sección de canal o tubería en una unidad de tiempo medido (J Agüero, 2011).

a. Medición del caudal por el método volumétrico

Para medir el caudal se hace uso de un recipiente de volumen conocido, que generalmente es un balde, el cual se coloca bajo la corriente del flujo, de tal manera que reciba todo el caudal del agua; al mismo tiempo se mide el tiempo activando el cronómetro.

$$Q = \frac{V}{T} \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

Q: Caudal medido en litro por segundo, L/s

V: Volumen de llenado en litros, L

T: Tiempo para el llenado en segundos, s

b. Medición de caudal por el método área-velocidad o flotadores

Se toma la velocidad de un cuerpo que flota sobre el flujo del agua en una sección conocida; para ello, se selecciona en un tramo uniforme y recto, sin la presencia de algún obstáculo, en el que el agua fluya libremente y sin la presencia de turbulencias. (Kennedy, Fragoza, & Peña, 1992)

La longitud en donde se va a aforar, no debe ser menor a la proporción de seis veces la longitud del ancho del cauce del canal o cause (M. Basan, 2008)

$$Q = \frac{D}{T} * A \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

Q: Caudal que pasa por la sección en metros cúbicos por segundo, m3/s

D: Distancia de recorrido que sigue el flotador en metros, m

T: Tiempo que recorre el flotador en segundos, s

A: Área que ocupa el agua en metros cuadrados, m2

Según el Ing. en recursos Hídricos Mario Basan Nickisch, al aforar con flotadores que se trasladan por la superficie del flujo, el resultado de la velocidad que tiene este flotador nos brinda dato superficial, y para calcular la velocidad media de su vertical, el autor recomienda que hay que multiplicar por un coeficiente (M. Basan, 2008):

Tabla 6: Determinación de factor de corrección Fc

TIPO DE CAUCE	FC
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0.80-0.95
Canal de Tierra con una profundidad del agua > 15 cm	0.7
Riachuelos con una profundidad del agua > 15 cm	0.5
Canales de tierra con profundidad del agua < 15 cm	0.25-0.50

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – Nickisch

$$V_{media\ vertical} = Fc * V_{media\ superficial} \dots\dots\dots (9)$$

2.2.2. AGUAS RESIDUALES

Según el Real Decreto-Ley 11/95 de 28 de diciembre de la constitución española, que transpone la Directiva 91/271/CEE, relativa al tratamiento de las aguas residuales urbanas (ARU), establece las siguientes definiciones:

a. Aguas residuales domésticas:

Son aquellas aguas procedentes de áreas de vivienda y de servicios, generadas primordialmente por el metabolismo y las actividades domésticas de los humanos.

b. Aguas residuales industriales:

Descarga de líquidos en los alcantarillados que son producidos por alguna actividad humana de carácter económica, comercial e industrial.

c. Aguas residuales urbanas:

Las aguas residuales urbanas, son el resultado de la mezcla de aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales más las aguas de escorrentía pluvial.

2.2.3. TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL

Un sistema de tratamiento de aguas residuales es seleccionado de acuerdo del tamaño de la ciudad, del caudal a tratar y de acuerdo a la remoción de contaminantes a eliminar; donde la remoción de contaminantes a eliminar se puede llevar a cabo con reacciones químicas o biológicas (Metcalf y Eddy, 2004).

Tabla 7: Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de una PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de Efluente para Vertidos a Cuerpos de Agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10, 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
Potencial de Hidrógeno	Unidad	6.5 – 8.5
Temperatura	°C	<35
Sólidos Suspendidos Totales	ml/L	150

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

A. PROCESOS DE TRATAMIENTO DE LA PTAR N°01 DE LA CIUDAD DE CAJABAMBA

Los procesos con los que cuenta la planta de tratamiento, desarrollados y descritos por el Consultor (N.J.S., 2007) son:

a. Reja fina

La cámara de rejas ha sido diseñada para el caudal pico de 20.83 L/s y consta de dos unidades paralelas funcionando una de ellas como aliviadero o “by pass”, la misma que trabajará solamente en los casos en que la pérdida de carga en la reja fuese muy alta a causa de su obstrucción por falta de limpieza. De esta manera se evitará el desborde del emisor con la consecuente inundación de los terrenos aledaños a la planta de tratamiento con aguas residuales crudas.

b. Medidor de caudal tipo Palmer Bowlus

Inmediatamente después de la cámara de rejas se ha considerado la instalación de un medidor de caudal del tipo régimen crítico, canal modelo palmer bowlus.

c. Conducción y distribución del agua residual cruda

El agua residual cribada discurre hacia el repartidor de caudal R-1 por medio de un canal, de donde salen dos tuberías a cada uno de los tanques Imhoff. Este repartidor dividirá el flujo en dos partes iguales. Así mismo, durante el proceso de limpieza de uno de los tanques Imhoff, cada uno de los conductos permite derivar el total del caudal a una de las unidades de tratamiento.

Las estructuras de reparto se diseñaron sin piezas móviles y material resistente al intemperismo, con una geometría que permita la distribución equitativa del agua residual a cada uno de los tanques Imhoff en forma independiente a la variación del caudal de las aguas residuales crudas.

d. Tanque Imhoff

La planta cuenta con la construcción de dos unidades. Cada unidad está compuesta por dos sedimentadores y dos cámaras de digestión, para su diseño se consideró un factor de uso del 80% y una dotación de agua de 105.9(L/hab. día). Según el Consultor NJS, se estima que la remoción de DBO es del 30% y de los Sólidos Sedimentables es del 70%.

e. Distribución a filtros percoladores

El agua tratada en los tanques Imhoff es conducida a una caja de distribución por medio de tubería que divide el caudal en dos partes iguales para alimentar a cada uno de los dos módulos de pos tratamiento. Cada uno de los módulos de pos

tratamiento están compuestos por un filtro percolador y un sedimentador secundario.

f. Filtro percolador

Los dos filtros percoladores diseñados para la localidad de Cajabamba son de baja carga y sin recirculación a fin de minimizar las labores operativas. Según el Consultor NJS, se estima que el filtro percolador tiene una eficiencia remocional de la DBO del orden del 80%.

Para el control de la capa biológica y de la mosca psycoda, a determinadas horas del día se procede a sobrecargar hidráulicamente a una de las unidades, lo cual permitirá el desprendimiento de la película biológica, recuperando el filtro su capacidad de tratamiento.

g. Sedimentador secundario

Como se indicó anteriormente, a cada filtro percoladores les corresponde un tanque de sedimentación del tipo Dortmund. Este tanque está dotado de dos tolvas en donde se acumula el lodo y que por acción de la gravedad es retirado por presión hidrostática hacia la cisterna de la estación de bombeo de lodos. Las aguas residuales tratadas fluirán hacia el tanque de contacto de cloro.

h. Desinfección

Los efluentes de los sedimentadores secundarios son recolectados por medio de una tubería, y el agua residual tratada es sometida al proceso de desinfección antes de su descarga a la quebrada y/o río adyacente.

i. Recolección y disposición final

El agua residual desinfectada es descargada en el río adyacente (Lanla) a la planta de tratamiento de aguas residuales.

j. Estación de bombeo de lodos

Los lodos de cada uno de los sedimentadores son drenados periódicamente hacia una cisterna desde donde se le retornará a los tanques Imhoff en donde sufrirán un nuevo proceso de degradación.

2.2.4. COMPOSICIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Nuestro marco legal peruano, nos define la composición y valores más relevantes para el funcionamiento de un sistema de tratamiento de aguas residuales, que son:

- Valores máximos admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 021-2009-VIVIENDA y su reglamento aprobado por el Decreto Supremo N.º 003-2011-VIVIENDA.
- Límites máximos permisibles (LMP) para vertimientos a cuerpos de agua establecidos en el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.
- Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos en el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM.

2.2.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL

Según Van Haandel y Lettinga, los elementos presentes de las aguas residuales confieren al cuerpo de agua residual propiedades físicas, químicas y biológicas (Haandel & Lettinga, 1994):

A. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Se determina como características físicas, a las cualidades propias que posee las aguas residuales y a la vez sirven para identificarlas respecto a otros cuerpos tipos de agua.

a. Sólidos

Hay tres tipos de sólidos de gran importancia y que están presentes en las aguas negras y/o residuales (Metcalf y Eddy, 2004), tales son:

- **Sólidos Totales (ST)**

Son el residuo que queda en el tamiz, luego de evaporar y secar una muestra dada del agua residual a evaluar a una temperatura entre ciento tres y ciento cinco grados centígrados.

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST)**

Son los sólidos totales que son retenidos en un tamiz/filtro con determinado tamaño de poro (generalmente es 1.5 micrómetro), esto pasa después de

secarlo en el filtro con el residuo de una temperatura entre ciento tres y ciento cinco grados centígrados.

- **Sólidos Disueltos Totales (SDT)**

Se define como el resultado de la resta de ST y SST

B. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

a. Materia Orgánica

Los elementos presentes en la materia orgánica son principalmente proteínas, carbohidratos y grasas, y se expresan en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), o Demanda Química de Oxígeno (DQO) (Metcalf y Eddy, 2004).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

El DBO representa la cantidad requerida de oxígeno, en mg/l, que necesita un microorganismo anaerobio para descomponer la materia orgánica presente en el agua residual en un período de cinco días a veinte grados centígrados.

- **Demanda química de oxígeno (DQO)**

El DQO al igual que el DBO requiere de oxígeno para descomponer la materia orgánica, a diferencia que este lo hace por medios químicos para convertir el agua residual en CO₂ y H₂O. Generalmente pasa que el valor del resultado del DQO es mayor al DBO.

b. Aceites y Grasas

Son sustancias poco solubles que no se mezclan, que se separan y flotan sobre los cuerpos de agua.

C. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS

Las características biológicas de las aguas residuales son en una gran medida, de suma importancia en el control de enfermedades causadas por organismos patógenos presentes el sistema digestivo de los humanos, y, por ende, se toma en cuenta los siguientes organismos:

a. Organismos Patógenos

Los organismos patógenos que se encuentran presentes en el agua residual, pueden proceder de los desechos humanos, ya que podrían estos estar infectados o que sean transmisores de una determinada enfermedad. Las principales clases de organismos patógenos presentes en el agua residual son: Bacterias, virus y protozoarios.

La presencia de coliformes totales y fecales en cualquier cuerpo de agua se utilizan para medir, calificar y a la vez evaluar la efectividad del proceso de desinfección.

b. Organismos Indicadores

En el sistema intestinal de los humanos hay incontables bacterias (coliformes), se estima que cada humano evacua de cien mil a cuatrocientos mil millones organismos coliformes por día; es por ello que, se considera que, si hay presencia de coliformes en el agua residual, este es un indicador que existe la presencia de organismos patógenos que puedan causar enfermedades al tener contacto con ellas.

CAPÍTULO III

MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN

a. Ubicación Política

Los límites de la ciudad de Cajabamba son los siguientes:

- Por el Norte: Limita con la provincia de San Marcos,
- Por el Sur: Limita con la provincia de de Sánchez Carrión de la región La Libertad
- Por el Este: Limita con la provincia de Bolívar de la región La Libertad,
- Por el Oeste: Limita con la provincia de Otuzco de la Región La Libertad.

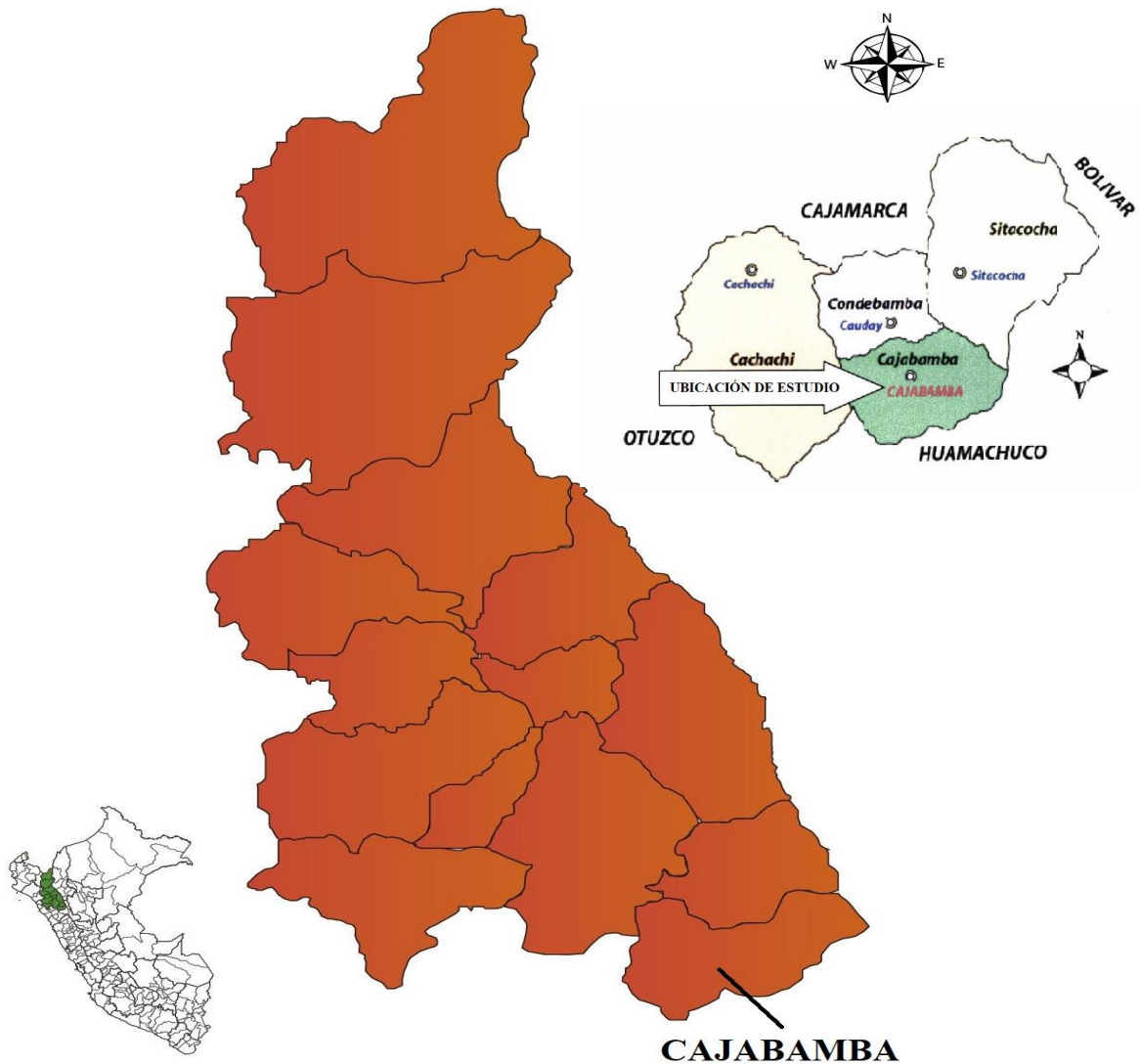


Figura 8: Ubicación de la ciudad de Cajabamba

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

La Planta de Tratamiento N°01 de Aguas Residuales de la ciudad de Cajabamba, se ubicada al margen derecho (en una posición con dirección al norte) del Río Lanla, Provincia de Cajabamba, Región Cajamarca, a una altitud media de 2,650.00 m.s.n.m.

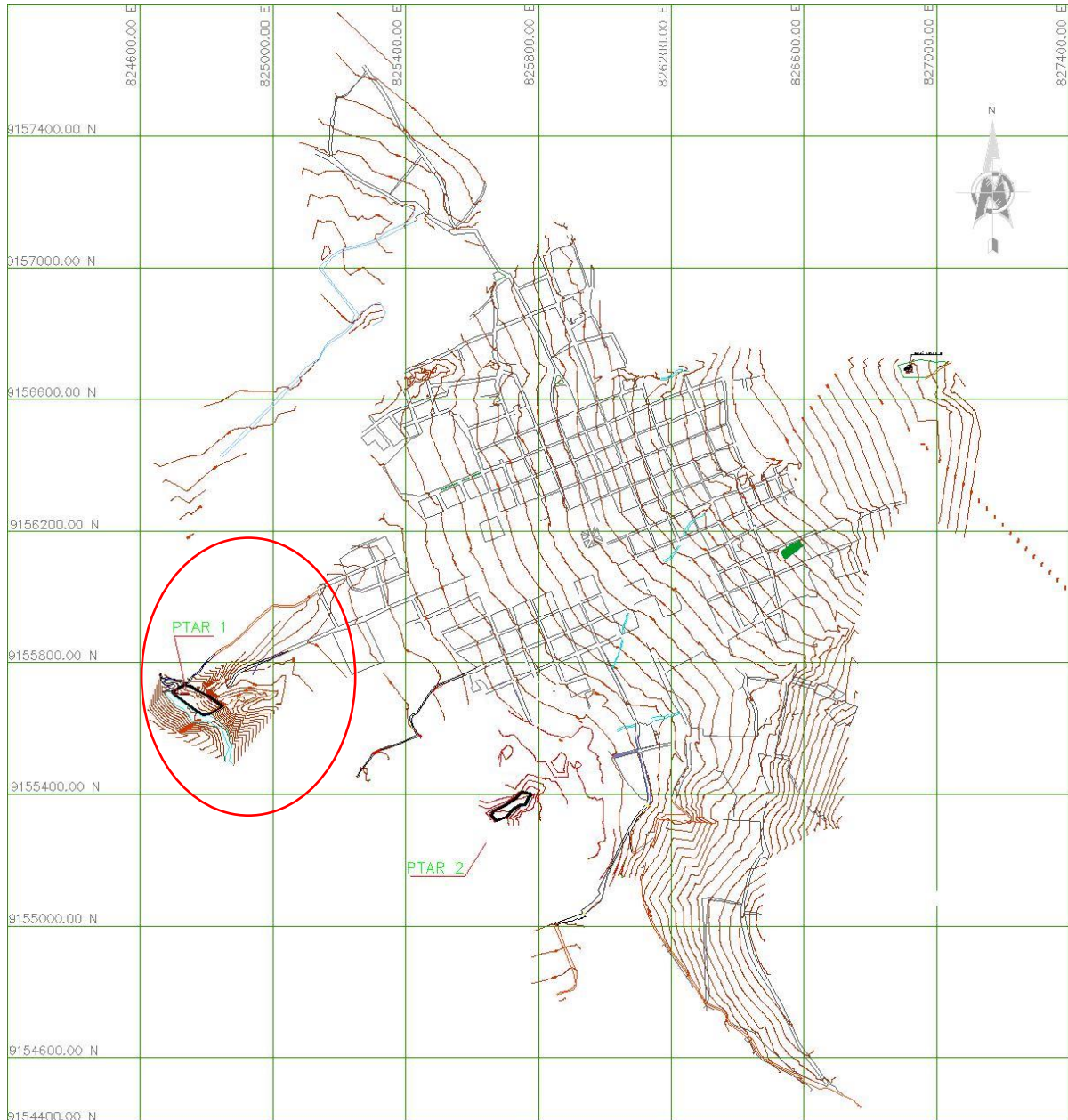


Figura 9: Ubicación de la PTAR N°01

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

b. Ubicación Geográfica:

La planta de tratamiento se encuentra en la Región de Cajamarca, Provincia de Cajabamba, Distrito de Cajabamba, ubicada entre los paralelos $7^{\circ}7'30''$ y $7^{\circ}35'10''$ de latitud Sur; entre los meridianos $77^{\circ}42'35''$ y $78^{\circ}31'20''$ longitud Oeste.

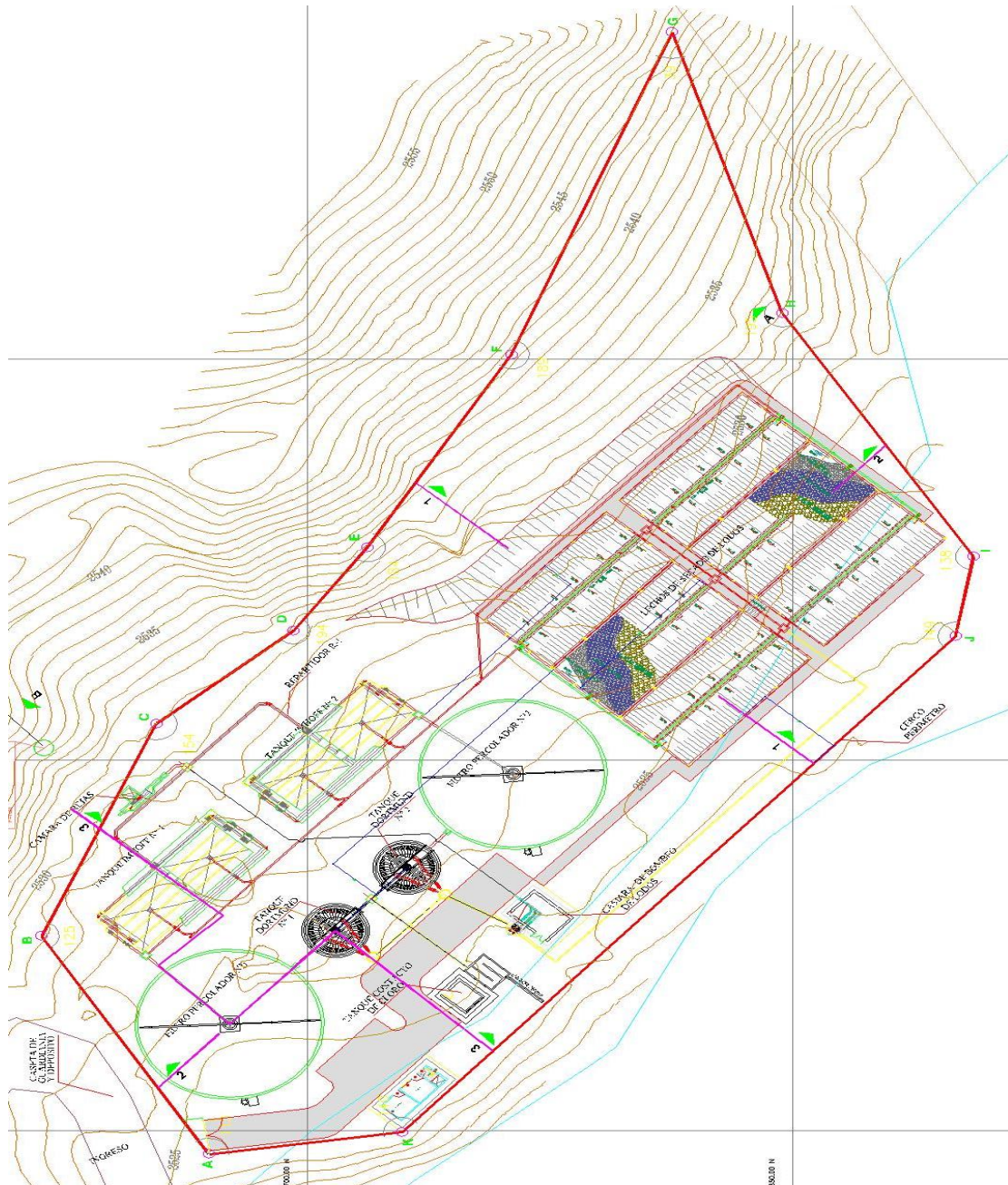


Figura 10: PTAR 1
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

Tabla 8: Cuadro de coordenadas de PTAR N°01

CUADRO DE COORDENADAS VÉRTICES PETAR		
Vértice	coord. X	coord. Y
V-A	825389.419	9155710.116
V-B	825417.700	9155727.349
V-C	825445.233	9155715.510
V-D	825457.279	9155701.420
V-E	825468.072	9155693.825
V-F	825493.072	9155678.966
V-G	825434.890	9155662.399
V-H	825498.447	9155651.046
V-I	825466.917	9155631.342
V-J	825456.536	9155633.197
V-K	825392.237	9155690.210

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

c. Características y clima:

Dada a la accidentada configuración orográfica de la provincia de Cajabamba, el clima es muy variado, el clima que predomina en la ciudad de Cajabamba es del tipo templado húmedo, con una temperatura promedio anual entre 6.2°C y 21.4°C y una temperatura media de 13.8°C vientos del NE a 18 km/h, humedad del 37 %; soleado en el día y frío en la noche y la temporada de lluvias abarca desde los meses de noviembre hasta abril.

d. Estaciones:

Son dos las estaciones marcadas que se conocen en la ciudad de Cajabamba:

- Primera: La llamada invierno: Que es desde noviembre hasta abril. El cielo aparece nublado, son frecuentes los aguaceros y las tempestades eléctricas, siendo los meses más rigurosos, febrero y marzo.
- Segunda: La de verano: Desde mayo a octubre, las lluvias son muy raras y escasas, el cielo de gran diafanidad, las mañanas frescas y las noches espléndidas, algunas de ellas, con la plateada luna y el firmamento claveteado de titilantes y brillantes estrellas.

3.2. MATERIALES

En el trabajo desarrollado consideraron los siguientes materiales y equipos detallados a continuación:

a. Materiales y Equipos de Campo:

- GPS Garmin Etrex 32X/<3 m
- Libreta de apuntes
- Lapicero
- Cámara fotográfica
- Temporizador digital de 6 tiempos
- Poliestireno expandido (EPS).
- Flexómetro 50 mts.
- Rotulador indeleble
- Buconasal full face 6822/3M
- Guantes Showa 772 nitrilo
- Gotero
- Solución de Ácido sulfúrico
- Cinta masking 2”
- Bolsas de gel frío
- Recipientes para muestras
- Cooler
- Papel Toalla
- Desinfectante
- Balde de 20L

3.3.METODOLOGÍA

A. COMPARAR LAS POBLACIONES PROYECTADAS PARA EL AÑO 2022

Para comparar la proyección de población estimada por el Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION, se determinó la población futura (Pf) para el año 2022 con el método aritmético y geométrico, para ello trabajamos con el censo poblacional del año 2017 y 2007, información brindada por el Instituto Nacional de estadística e Informática (INEI).

B. DESCRIBIR LAS INSTALACIONES Y COMPONENTES DE LA PTAR N°01

El presente trabajo de investigación continuó con la salida a campo y descripción de cada instalación, componente, del diagrama de flujo de la planta y dimensión de la tubería que conduce las aguas residuales del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cajabamba.

Para una mejor descripción de los componentes de la PTAR, primero se representó mediante un diagrama de flujo el sentido y dirección que siguen las aguas negras al pasar por cada componente de la planta de tratamiento hasta ser vertidas al cauce del río Lanla, y teniendo claro el diagrama de flujo, continuamos con la descripción de cada componente.

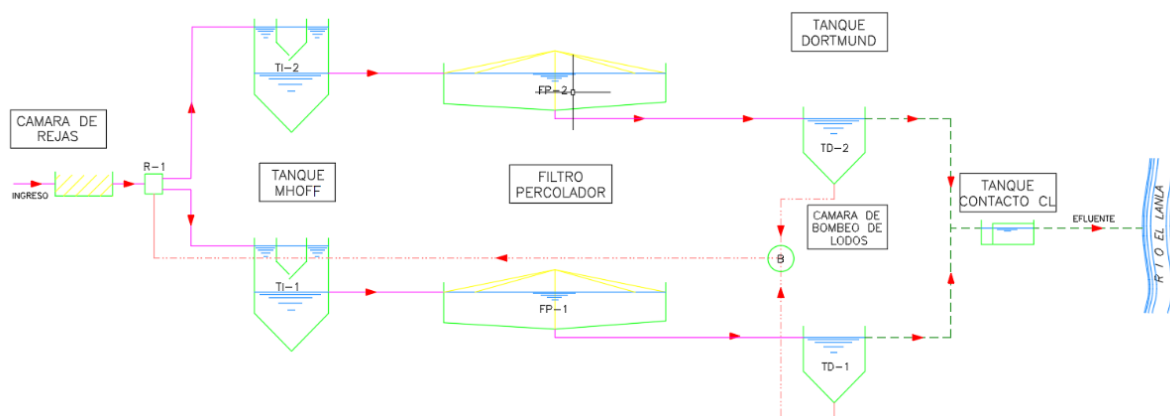


Figura 11: Diagrama del sentido y dirección del flujo de aguas negras de la PTAR N°01
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION

a. Tubería de ingreso de aguas residuales:

Se describió el material y diámetro de la tubería que hace llegar las aguas residuales de la ciudad de Cajabamba hacia la PTAR N°01 para su tratamiento.

b. Recamara de reja fina:

Se describió su pendiente, las medidas del diámetro de su ingreso, su altura total y el ancho de la recamara de la reja propiamente dicha. Se consideró también describir el material de las platinas, las dimensiones de la criba y el espacio entre platinas y su grado de inclinación con respecto a la horizontal.

Como este proceso cuenta con un by pass para evitar un posible colapso del agua cruda, se detalló donde inicia, el ancho que tiene y donde finaliza.

c. Medidor de caudal:

Como el medidor de canal es del tipo de régimen crítico y modelo palmer bowlus, se describió la medida del ancho y dimensión de garganta.

d. Conducción y distribución del agua residual cruda:

Luego que el agua residual cribada llega al repartidor, de este salen dos tuberías, uno para cada tanque Imhoff; entonces se describió el diámetro, el material y su pendiente de cada tubería.

e. Tanque Imhoff:

Se detalló la cantidad de tanques Imhoff que cuenta la Planta de tratamiento, el punto de descarga en cada tanque Imhoff, el ancho, la longitud, el número de sedimentadores y digestores y el periodo de retención de cada tanque. Como cada tanque Imhoff dispone de una salida, se describió su diámetro y tipo de material.

f. Distribución a filtros percoladores:

Sabiendo que el agua tratada por los dos tanques Imhoff es conducida hacia dos Filtros Percoladores, entonces se describió el diámetro de tubería y tipo de material.

g. Filtro percolador:

Cada filtro percolador está compuesto por un distribuidor de agua o molinete hidráulico; entonces se detalló las medidas del diámetro de las tuberías que alimentan a los molinetes hidráulicos, también se detalló el diámetro de los dos brazos de distribución de cada molinete hidráulico y el diámetro de cada filtro percolador.

Se tomó la medida del diámetro paralizando por un instante el molinete hidráulico; ya que cada filtro percolador se encontró en funcionamiento, y a la vez se aprovechó en describir las características del material filtrante de la capa superior.

h. Sedimentador Secundario o Tanque Dortmund:

De los dos sedimentadores secundarios se detalló la medida del diámetro superior y su profundidad total.

i. Desinfección:

Se describió con cuantos compartimientos longitudinales cuenta el tanque de desinfección más su longitud y ancho

j. Recolección y disposición final:

Se describió el diámetro de la tubería que descarga el agua residual desinfectada de la planta de tratamiento al río adyacente (Lanla).

k. Lechos de Secado:

Describimos con cuantos ambientes y sus medidas correspondientes del lecho de secado y cuanto abono se está retirando de este por mes.

C. DETERMINAR EL CAUDAL QUE INGRESA A LA PTAR N°1

Para determinar el caudal que ingresa a la planta de tratamiento, nos dirigimos al punto donde la tubería que conduce el agua residual del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cajabamba deja dichas aguas en el sistema a evaluar, corroborando que solo existe un solo punto de recepción. Con el medidor de caudal modelo Palmer-Bowlus tomamos diferentes caudales en diferentes horarios y diferentes días, y para determinar el caudal que desborda, utilizamos el método del flotador y el método volumétrico (comparamos ambos resultados y tomamos el mayor)

D. TOMA DE MUESTRAS Y ENSAYO EN LABORATORIO PARA DETERMINAR EL NIVEL DE DESCONTAMINACIÓN

a. Determinación de parámetros a analizar

La toma de muestras se realizó en 04 puntos diferentes dentro del sistema de la planta de tratamiento de agua residual. Los puntos de muestreo para determinar la calidad del agua residual son:

- Al ingreso de la PTAR
- Al ingreso del filtro percolador #1
- Al ingreso del tanque Dortmund #2
- A la salida de la PTAR

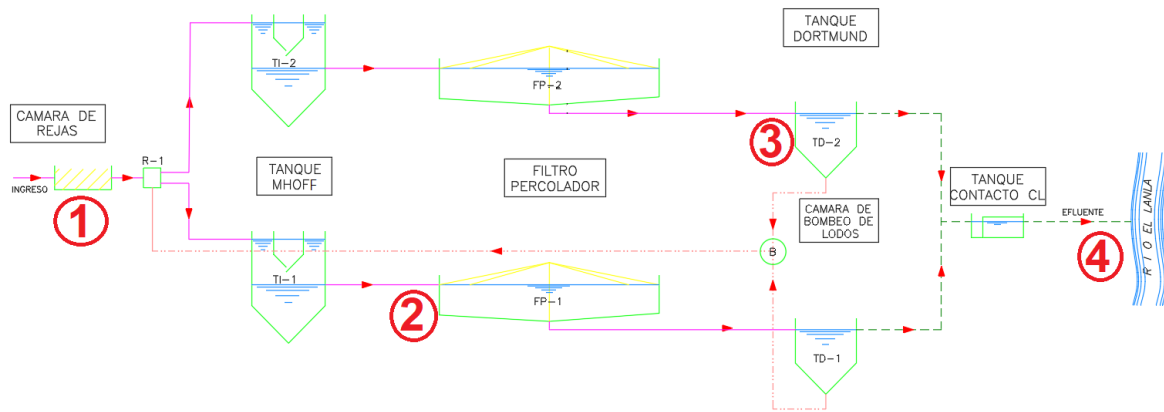


Figura 12: Ubicación de puntos de muestreo

Los puntos de muestreo fueron seleccionados estratégicamente, para obtener resultados que ponga en evidencia el funcionamiento de casi todos sus componentes de la planta de tratamiento.

Los parámetros a analizar en cada punto de muestreo son:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Sólidos Suspendidos Totales
- Aceites y Grasas
- Coliformes Termotolerantes

b. Muestreo para determinar la calidad de aguas residuales

Para determinar la calidad de aguas residuales en cada punto de muestreo, se siguió la siguiente secuencia:

- Se coordinó con el responsable del Laboratorio Regional del Agua, para la programación, entrega de materiales de muestreo y recepción de muestras.
- Se identificaron, organizaron y rotularon los recipientes, reactivos e insumos de acuerdo a los parámetros analizados.
- Se solicitó y coordinó los permisos de ingreso con el Ingeniero Tito Díaz, responsable de la PTARs, para no tener restricciones al efectuar la toma de muestras.

- Se trasladó el material para muestreo (en un cooler), de la ciudad de Cajamarca hacia la ciudad de Cajabamba.
- Se registró con letra legible en cada envase o botella la designación de cada parámetro a analizar con la fecha, hora y localización del punto de muestreo; así como el nombre del responsable de cada toma de muestra. El registro de cada envase o botella se realizó antes de su llenado con las muestras.
- Para cada toma de muestra de la DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, se usó un gotero con Ácido Sulfúrico y añadió 25 gotas del preservante a cada envase de polietileno blanco inmediatamente después de haber tomado la muestra.
- Para cada toma de muestra de ACEITES Y GRASAS, se usó un gotero de Ácido Sulfúrico y añadió 25 gotas del preservante a cada envase de vidrio oscuro inmediatamente después de haber tomado la muestra.
- Para cada toma de muestra de COLIFORMES TERMOTOLERANTES, se llenó el envase de polietileno transparente a la marca de 200 ml con una muestra bien mezclada.
- Para cada toma de muestra para medir la DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, se llenó totalmente el envase de polietileno blanco con una muestra bien mezclada.
- Para cada toma de muestra para medir los SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, se llenó totalmente el frasco de polietileno blanco con una muestra bien mezclada.
- Para cada muestra tomada, se evitó tomar objetos flotantes y/o sumergidos.
- Al culminar la recolección de cada muestra y poder preservarlas, se colocó las botellas con bolsas de gel frío dentro de un cooler.
- Al terminar la toma de muestras se procedió a fijar con cinta masking de 2”su estabilidad de cada elemento con muestras tomadas y refrigerantes dentro del cooler, para así poder trasladar las muestras al Laboratorio Regional del Agua, el mismo día del muestreo y en el menor tiempo.

c. Métodos de ensayo utilizados para determinar la calidad de aguas residuales

Tabla 9: Métodos de ensayo para análisis de parámetros

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2 /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2 /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM; Oil and grease and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

d. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de una PTAR

Tabla 10: Valores de LMP de Efluentes para ser Vertidos a cuerpos de Agua

Parámetro	Unidad	LMP de Efluente para Vertidos a Cuerpos de Agua
Sólidos Suspendidos Totales	ml/L	150.0000
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200.0000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100.0000
Aceites y grasas	mg/L	20.0000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10, 000

Fuente: Decreto Supremo N°003-2010-MINAM

E. EVALUAR EL NIVEL DE DESCONTAMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°01

a. Reja fina y medidor de caudal:

- Se realizó una simulación con el software SOLIDWORKS, para observar la trayectoria del flujo en el cribado y medidor de caudal.
- La simulación de trayectoria de flujo se los hizo con dos caudales diferentes, el caudal aforado cuando la estructura falla (9am-10am) y el caudal estimado por el Consultor NJS (20.83L/s)
- Para la simulación en SolidWorks se dibujó en 3D, la estructura de la recámara de reja fina y el medidor de caudal (modelo Palmer Bowlus), utilizando los datos y medidas tomados en la descripción de cada componente del sistema.

b. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Sólidos Suspendidos Totales

- Analizamos el porcentaje de descontaminación que tienen los componentes de la PTAR con ayuda de los resultados obtenidos tras el ensayo en el Laboratorio Regional del agua
- Analizamos el porcentaje retenido de SST al pasar de componente a otro componente de tratamiento de la PTAR

c. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de la Demanda Química de Oxígeno

- Analizamos el porcentaje de descontaminación que tienen los componentes de la PTAR con ayuda de los resultados obtenidos tras el ensayo en el Laboratorio Regional del agua
- Analizamos el porcentaje retenido de DQO al pasar de componente a otro componente de tratamiento de la PTAR

d. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

- Analizamos el porcentaje de descontaminación que tienen los componentes de la PTAR con ayuda de los resultados obtenidos tras el ensayo en el Laboratorio Regional del agua
- Analizamos el porcentaje retenido de DBO5 al pasar de componente a otro componente de tratamiento de la PTAR

e. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Aceites y Grasas

- Analizamos el porcentaje de descontaminación que tienen los componentes de la PTAR con ayuda de los resultados obtenidos tras el ensayo en el Laboratorio Regional del agua
- Analizamos el porcentaje retenido de Aceites y Grasas al pasar de componente a otro componente de tratamiento de la PTAR

f. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Coliformes Termotolerantes

- Analizamos el porcentaje de descontaminación que tienen los componentes de la PTAR con ayuda de los resultados obtenidos tras el ensayo en el Laboratorio Regional del agua
- Analizamos el porcentaje retenido de Coliformes Termotolerantes al pasar de componente a otro componente de tratamiento de la PTAR

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos del trabajo desarrollado:

4.1 COMPARAR LAS POBLACIONES PROYECTADAS PARA EL AÑO 2022

Censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en los años 2007 y 2017:

Tabla 11: Censo 2007 de la ciudad de Cajabamba

Departamento	Provincia	Distrito	Población urbana censada 2007	Población rural censada 2007
CAJAMARCA	CAJABAMBA		18,194	56,093
CAJAMARCA	CAJABAMBA	CAJABAMBA	14,528	13,551
CAJAMARCA	CAJABAMBA	CACHACHI	887	23,418
CAJAMARCA	CAJABAMBA	CONDEBAMBA	637	12,549
CAJAMARCA	CAJABAMBA	SITACOCHA	2,142	6,575

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Tabla 12: Censo 2017 de la ciudad de Cajabamba

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
CENTROS POBLADOS	POBLACIÓN CENSADA			VIVIENDAS PARTICULARES		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Ocupadas	Desocupadas
PROVINCIA CAJABAMBA	75 687	37 220	38 467	27 204	25 076	2 128
DISTRITO CAJABAMBA	31 222	14 809	16 413	11 218	10 479	739
CAJABAMBA	18 603	8 689	9 914	5 439	5 165	274
LAS MARGARITAS	-	-	-	4	4	-
PAN DE AZUCAR	4	1	3	3	2	1
MOLLEPAMBA	165	71	94	95	94	1
PINGO	410	189	221	214	202	12
MACHUCARA	74	32	42	43	42	1
HUAYLLABAMBA	463	218	245	232	168	64
CAMPANA	333	161	172	150	140	10
SHINSHE	44	24	20	26	19	7
CORRALES	45	24	21	13	13	-
CUNGUNDAY	182	91	91	63	62	1
CHIRIMOYO	221	100	121	92	84	8
PAMPA GRANDE	407	188	219	127	117	10

TICAPAMPA	345	174	171	139	118	21
CHINSHICUCHO	167	86	81	78	72	6
PURUPAMBA	156	71	85	63	63	-
NUÑUMABAMBA	829	419	410	339	302	37
MITOPAMPA	281	133	148	99	99	-
CASHAPAMBA	1 154	553	601	390	363	27
CHURUCANA	229	108	121	138	129	9
HIGOSBAMBA	177	92	85	87	70	17
CALLASH	334	159	175	250	229	21
MIGMA	98	38	60	58	58	-
HUAYUNGA	90	45	45	48	48	-
PARUBAMBA	561	282	279	182	177	5
HICHABAMBA	341	171	170	148	147	1
COLCAS	249	125	124	101	91	10
CHUCRUQUIO	164	87	77	103	102	1
COLCABAMBA	1 228	597	631	527	491	36
TAYORCO	38	19	19	21	18	3
MACHACUAY	610	304	306	304	274	30
CHILLACANDAY	240	110	130	103	103	-
CHURGAPAMBA	301	149	152	161	144	17
HUANZA	213	100	113	159	127	32
CHANSHPAMBA	593	290	303	284	260	24
RUMIRUMI	687	329	358	244	239	5
SHITABAMBA	309	150	159	224	204	20
CHANSHE	86	48	38	76	68	8
SANTA RITA	130	67	63	54	49	5
CACHUR	165	77	88	85	85	-
CABRERO	148	63	85	65	60	5

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática

Comparativa de población censada por INEI y las poblaciones proyectadas para el año 2022:

Tabla13: Comparativa de población censada y población proyectada

AÑO	PROYECCION DE POBLACIÓN TOTAL	POBLACIÓN DE CENSO
2007	14,528	14,528
2008	14,728	
2012	15,512	
2017	16,440	18,603
2022	17,295	
2027	18,060	

Estimación de la proyección poblacional para el año 2022:

MÉTOOD ARITMÉTICO

$$K_a = \frac{18603 \text{ hb.} - 14528 \text{ hb.}}{2017 - 2007} = 407.5 \text{ hb/años}$$

$$P_f = 18603 + 407.5 * (2022 - 2017) = 20641 \text{ hb}$$

MÉTOOD GEOMÉTRICO

$$K_g = \left(\frac{18603}{14528}\right)^{0.1} - 1 = 0.025 \text{ hb/años}$$

$$P_f = 18603 * (1 + 0.025)^{2022 - 2017} = \mathbf{21048 \text{ hb}}$$

La población proyectada para este año 2022 es de 21048 habitantes.

La población proyectada para en el diseño de una PTAR, es un valor utilizado al determinar dimensiones y capacidades de estructuras. La población censada por el INEI en el año 2017 y la proyección estimada de la Población futura del año 2022 con los dos últimos censos realizados, supera a la población proyectada para el año 2017 y 2027, evidenciando que el el crecimiento urbano y desarrollo de la ciudad de Cajabamba no van al acorde con lo estimado por el Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES Y COMPONENTES DE LA PTAR N°01

a. Tubería de ingreso de aguas residuales:

- La tubería final del sistema de alcantarillado de la ciudad de Cajabamba, que hace llegar las aguas residuales a la PTAR N°01 para su tratamiento, tiene 25cm de diámetro y es de material de PVC para desagüe.



Figura 13: Ingreso de aguas del sistema de alcantarillado al sistema de tratamiento

El efluente de la red de alcantarillado descarga sus aguas crudas en la primera estructura de pretratamiento de aguas residuales. Entre el final de la red de alcantarillado y el pre tratamiento de agua residual no existe ningún punto de aforo; por ello, se medir el caudal que ingresa a la PTAR N°01 por el por el método volumétrico fue imposible, ya que tal tubería coincide con la base del canal de la recamara de reja fina, impidiendo su espacio y disposición para el aforo.

b. Recamara de reja fina:

- La altura total de la recamara de reja es de 50cm y 4.35m de longitud
- La recámara de la reja propiamente dicha tiene un ancho de 30cm
- La criba está compuesta por platinas de acero inoxidable de sección transversal de 35 x 6 mm, espaciados 2.5cm entre platina y platina e inclinadas en ángulo de 45° con la horizontal
- El by pass inicia antes de la reja finalizando aguas debajo de la misma, teniendo un ancho de 25cm, 52 cm de altura y una longitud de 3.17m
- La recamara de reja fina tiene una pendiente de 4.6 por mil



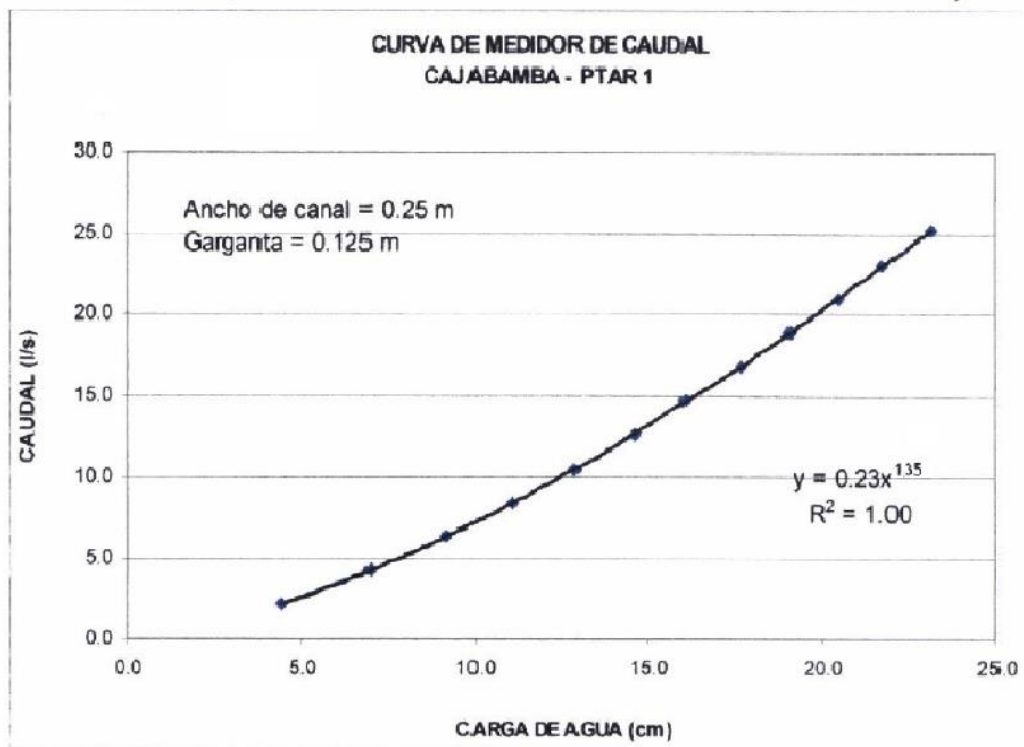
Figura 14: Residuos atrapados por la criba

A causa de una cultura equivocada, la población cajabambina desecha en el sistema de alcantarillado los residuos del camal (el camal municipal vierte todos los días de la semana sus aguas crudas en el horario de 9 am- 10 am) y residuos orgánicos e inorgánicos, ocasionando la colmatación inmediata de la reja fina. Los residuos atrapados por el cribado y removidos, son colocados al costado de la estructura para su escurrimiento, para luego ser trasladados a un contenedor e ir a su posterior disposición final en el relleno sanitario de la ciudad.

c. Medidor de caudal

- El ancho del canal de régimen crítico del medidor de caudal de modelo Palmer Bowlus es de 0.25m, 0.125 m de garganta, 17cm de longitud, y una altura de 67cm

Proyecto: "Mejoramiento y Ampliación del Sistema de Alcantarillado e Instalación de PTAR de la Ciudad de Cajabamba"



Hernán Núñez Ballena Rodríguez
HERNÁN NÚÑEZ BALLENA RODRÍGUEZ
INGENIERO SANITARIO
Reg. CIP N° 105042

Figura 15: Curva del medidor de caudal Palmer-Bowlus de la PTAR N°01

Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca-PROREGION

La curva del medidor Palmer-Bowlus ha sido calibrada por el consultor NJS para aforar el agua residual de la ciudad de Cajabamba que ingresa a la PTAR N°01, donde:

Y: caudal (L/s)

X: Carga de agua o profundidad de flujo (cm)



Figura 16: Medidor de caudal modelo Palmer Bowlus no abastece caudal

Se evidenció que el medidor de caudal no da abasto para todo el caudal que ingresa, ya que la ciudad de Cajabamba tiene la particularidad de que las aguas residuales del camal no tienen tratamiento, y esas aguas mezcladas con desperdicios y sangre, son vertidas directamente al sistema de alcantarillado todos los días de la semana en el horario de 9 am- 10 am, ocasionando colmatación y desborde del caudal en ese horario. En tal sentido no se pudo tomar aforos con el medidor de caudal Palmer bowlus.

d. Conducción y distribución del agua residual cruda

- La tubería de conducción es de material HDPE de 25cm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente unida con bridas en cada cambio de curvatura.
- Luego que el agua residual cribada llega al repartidor de caudal, de este salen dos tuberías de HDPE 25cm de diámetro y 2.5 por mil de pendiente, uno para cada tanque Imhoff.



Figura 17: Tubería de conducción

A la cámara, que distribuye el agua cruda a cada tanque Imhoff, llega una tubería de HDPE de 25cm de diámetro unida en cada unión con bridas; esta tubería trae los lodos del Tanque Dortmund.

e. Tanque Imhoff

- La PTAR N°01 cuenta con 02 tanques Imhoff que se encuentran en funcionamiento
- Cada sedimentador tiene un periodo de retención de 2.5 horas, permitiendo una adecuada sedimentación
- Cada tanque Imhoff cuenta con dos sedimentadores y dos cámaras de digestión.
- La longitud de cada tanque es de 18m, su ancho es de 5.75m
- Cada tanque Imhoff dispone de una salida que tiene 25cm de diámetro.
- De cada Tanque Imhoff, se está retirando 0.2 m³ de lodo, en promedio por mes.



Figura 18: Descarga del agua residual cribada en el tanque Imhoff

El agua residual cribada es descargada en la parte media lateral del tanque Imhoff, permitiendo que pueda fluir en cualquiera de sus extremos.

f. Distribución a filtros percoladores

- El agua tratada por los dos tanques Imhoff, no es conducida a una caja de distribución para dividir el caudal en dos partes iguales para así alimentar a cada uno de los módulos de postratamiento.
- De cada tanque Imhoff sale una tubería con diámetro de 20cm, las cuales van hacia los filtros percoladores (postratamiento)
- No se evidencia desborde del agua cruda, filtraciones o rajadura en la estructura.



Figura 19: Ingreso de tubería de tanque inmhoff hacia filtro percolador

En campo podemos evidenciar que no existe en la salida de la tubería hacia el filtro percolador ninguna caja de distribución, como lo indica el Consultor NJS.

g. Filtro percolador

- El molinete hidráulico o distribuidor de agua con que está equipado cada uno de los dos filtros percoladores es alimentado por medio de una tubería de 20cm de diámetro
- Cada molinete hidráulico cuenta con dos brazos de distribución de 10cm de diámetro
- Cada filtro percolador tiene un diámetro de 19 m
- Las características del material filtrante en la capa superior de distribución tienen un diámetro de 20mm a 30 mm
- No se evidencia desborde del agua cruda, filtraciones o rajadura en la estructura.



Figura 20: Filtro percolador captado el año 2017



Figura 21: Filtro percolador captado el año 2022

A la actualidad observamos que las características del material filtrante, desarrollan un buen funcionamiento; ya que no se evidencia escasa filtración y encharcamiento de agua residual sobre el material filtrante como se evidencio en la figura 20 captado en el año 2017.

h. Sedimentador secundario o Tanque Dortmund

- Los dos sedimentadores secundarios tienen un diámetro superior de 5.7m
- Cada sedimentador secundario tiene 4.55m de profundidad total.
- Las aguas residuales ya tratadas fluirán hacia el tanque de contacto de cloro
- El lodo de cada sedimentador se acula en una tolva y por acción de gravedad es retirado hacia la cisterna de la estación de bombeo de lodos.
- No se evidencia desborde del agua cruda.



Figura 22: Tanque Dortmund N°1 y N°2

No se evidencia presencia de mal olor o presencia de moscas

i. Desinfección

- En general el tanque de desinfección cuenta con tres compartimientos longitudinales.
- La medida del largo del tanque de desinfección es de 3.5m y el ancho mide 2.10m
- El tanque de contacto de cloro no tiene funcionamiento; ya que la PTAR N°01 no cuenta con cloro desde que entró en funcionamiento.

j. Recolección y disposición final

- La tubería que descarga el agua residual desinfectada de la planta de tratamiento al río Lanla es de PVC, tiene un diámetro de 25cm y una pendiente de 2.5 por mil

k. Lechos de secado

- Se tiene 06 ambientes de lechos de secados
- Cada ambiente de lechos de secados tiene una medida de 18.5m de largo por 9.5m de ancho
- De cada ambiente de secado, se está retirando 2.5 Tn. de abono seco, en promedio por mes.

4.3 MEDICIÓN DEL CAUDAL QUE INGRESA A LA PTAR N°1

Como la estructura de pre tratamiento cuenta con un medidor de caudal modelo Palmer Bowlus, medimos el caudal que ingresa a la PTAR N°01 tomando la medida de la profundidad del flujo para utilizarla en la formula obtenido, por el consultor NJS, en la calibración de la curva de aforo.

MEDICIÓN DE CAUDAL N° 01

Aforo en medidor de caudal Palmer-Bowlus

$$y = 0.23 * X^{1.35}$$

Donde:

Y: caudal (L/s)

X: Carga de agua o profundidad del flujo (cm)

HORA: 6 am-7 am

Medida de carga de agua:

X1: 53.2	}	Xpromedio=	54.60
X2: 55.6			
X3: 55			
X4: 54.6			

HORA: 9 am-10 am

Medida de carga de agua:

X1: 66.6	}	Xpromedio=	66.85
X2: 67			
X3: 67			
X4: 66.8			

HORA: 12 pm-1 pm

Medida de carga de agua:

X1: 59.5	}	Xpromedio=	58.18
X2: 60			
X3: 57.8			
X4: 55.4			

HORA: 3 pm-4 pm

Medida de carga de agua:

X1: 32.5	}	Xpromedio=	32.23
X2: 31			
X3: 33.4			
X4: 32			

HORA: 6 pm-7 pm

Medida de carga de agua:

X1: 46.8	}	Xpromedio=	47.65
X2: 48			
X3: 44.5			
X4: 51.3			



Figura 23: Toma de medida de la profundidad del flujo

Tabla 14: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus

Hora	Carga de agua (cm)	Caudal (l/s)
6 am-7 am	54.60	50.93
9 am-10 am	66.85	66.93
12 pm-1 pm	58.18	55.48
3 pm-4 pm	32.23	24.99
6 pm-7 pm	47.65	42.38

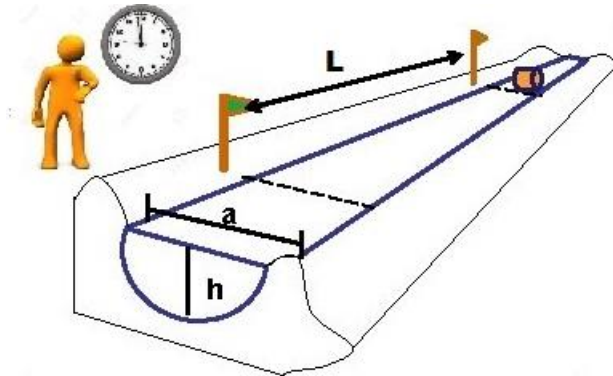
Solo en el horario de 9am a 10am, el flujo de agua residual desborda la estructura de pre tratamiento.



Figura 24: Agua residual desborda la estructura de pre tratamiento

Para medir el agua residual que desborda la estructura de pre tratamiento, se aforo por el método del flotador y por el método volumétrico. Se aforo por dos métodos diferentes para comparar los resultados y obtener un dato confiable.

Aforo en acequia por el método del flotador



$$Q = \text{Área (m}^2) * \text{Velocidad (m/s)}$$

Donde:

- A: Área que ocupa el flujo en el canal (m²)
- V: Velocidad del flotador al recorrer el tramo seleccionado (m/s)
- h: Profundidad del flujo (m)
- L: Longitud que recorre el flotador (m)
- a: Ancho del canal (m)
- T: Tiempo en que el flotador recorre el tramo seleccionado (s)

HORA: 9 am-10 am

- h= 0.04
- L= 5.10
- a= 0.74

- T1= 9.60
 - T2= 9.50
 - T3= 9.80
 - T4= 9.30
 - T5= 9.00
 - T6= 9.90
- } Tpromedio= 9.517

Velocidad del flotador:

$$V = \frac{5.10 \text{ m}}{9.517 \text{ s}} = 0.5359 \text{ m/s}$$

Área que ocupa el caudal en la acequia:

$$A = 0.04 \text{ m} * 0.74 \text{ m} = 0.0296 \text{ m}^2$$

Caudal:

$$Q = 0.0296 \text{ m}^2 * 0.5359 \text{ m/s} = 0.01587 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El caudal obtenido ha sido calculado con la velocidad superficial, para determinar el caudal con la velocidad media de su vertical, a este valor lo afectamos por el coeficiente $F_c=0.30$

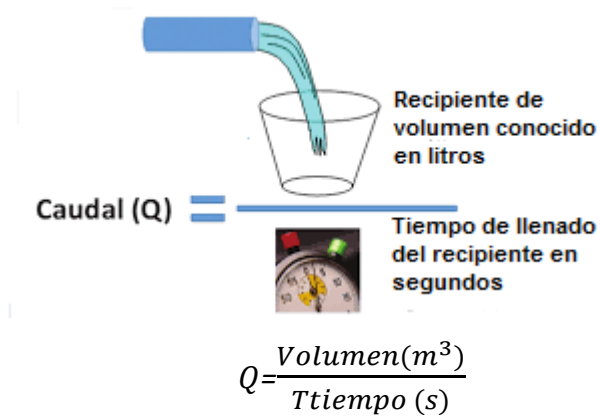
$$Q_1 = 0.45 * 15.87 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 7.14 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$



Figura 25: Determinación del tramo que recorrerá el flotador

El agua que desborda va a un canal receptor que lo envía, sin recibir tratamiento, al río Lanla.

Aforo en acequia por el método volumétrico



Donde:

V: Volumen de un recipiente conocido (L)

T: Tiempo que tarda en llenar el recipiente (s)

HORA: 9 am-9.30 am

V= 20.00

T1= 2.29

T2= 2.40

T3= 2.56

T4= 3.15

T5= 2.74

T6= 2.34

Tpromedio= 2.580

$$Q1 = \frac{20 L}{2.580 s} = 7.75 \frac{L}{s}$$

HORA: 9.30 am-10 am

V= 20.00

T1= 2.28

T2= 1.99

T3= 3.41

T4= 1.89

T5= 1.69

T6= 2.42

Tpromedio= 2.280

$$Q2 = \frac{20 m^3}{2.280 s} = 8.77 \frac{m^3}{s}$$



Figura 26: Aforo por el método volumétrico

MEDICIÓN DE CAUDAL N° 02

Aforo en medidor de caudal Palmer-Bowlus

$$y = 0.23 * X^{1.35}$$

Donde:

Y: caudal (L/s)

X: Carga de agua o profundidad del flujo (cm)

HORA: 6 am-7 am

Medida de carga de agua:

X1: 54
X2: 53.6
X3: 52.4
X4: 52.8

Xpromedio= 53.20

HORA: 9 am-10 am

Medida de carga de agua:

X1: 67	}	Xpromedio=	66.93
X2: 67			
X3: 67			
X4: 66.7			

HORA: 12 pm-1 pm

Medida de carga de agua:

X1: 57.9	}	Xpromedio=	58.18
X2: 61			
X3: 55.8			
X4: 58			

HORA: 3 pm-4 pm

Medida de carga de agua:

X1: 27.5	}	Xpromedio=	26.48
X2: 26			
X3: 26			
X4: 26.4			

HORA: 6 pm-7 pm

Medida de carga de agua:

X1: 45.8	}	Xpromedio=	46.80
X2: 46			
X3: 48.6			
X4: 46.8			



Figura 27: Toma de datos

Tabla 15: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus

Hora	Carga de agua (cm)	Caudal (l/s)
6 am-7 am	53.20	49.17
9 am-10 am	66.93	67.03
12 pm-1 pm	58.18	55.48
3 pm-4 pm	26.48	19.17
6 pm-7 pm	46.80	41.36

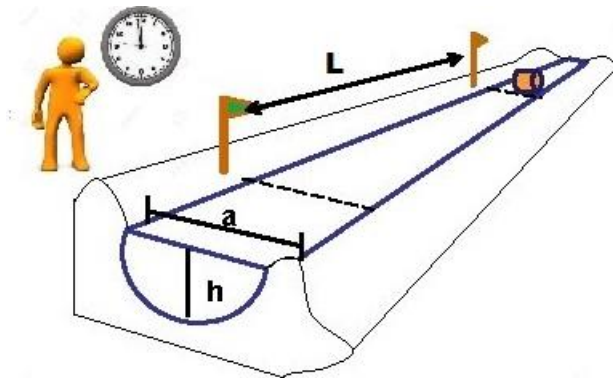
Solo en el horario de 9am a 10am, el flujo de agua residual desborda la estructura de pre tratamiento.



Figura 28: Tratamiento primario colapsa solo en el horario de 9am a 10am

El caudal que llega a la PTAR N°01 es variado y su caudal de máximo de aforo, se logra ver de 9am a 10am; y es porque, el camal municipal arroja directamente sus aguas residuales al sistema de alcantarillado.

Aforo en acequia por el método del flotador



$$Q = \text{Área (m}^2\text{)} * \text{Velocidad (m/s)}$$

Donde:

- Área que ocupa el flujo en el canal
- A: (m²)
- V: Velocidad del flotador al recorrer el tramo seleccionado (m/s)
- h: Profundidad del flujo (m)
- L: Longitud que recorre el flotador (m)
- a: Ancho del canal (m)
- T: Tiempo en que el flotador recorre el tramo seleccionado (s)

HORA: 9 am-10 am

h= 0.07
L= 3.00
a= 0.74

T1=	6.80	} Tpromedio= 7.042
T2=	7.30	
T3=	6.70	
T4=	6.45	
T5=	7.20	
T6=	7.80	

Velocidad del flotador:

$$V = \frac{3.00 \text{ m}}{7.042 \text{ s}} = 0.4260 \text{ m/s}$$

Área que ocupa el caudal en la acequia:

$$A = 0.07\text{m} * 0.74\text{m} = 0.0518\text{m}^2$$

Caudal:

$$Q = 0.0518\text{m}^2 * 0.4260 \text{ m/s} = 0.02207 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q2 = 22.06 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

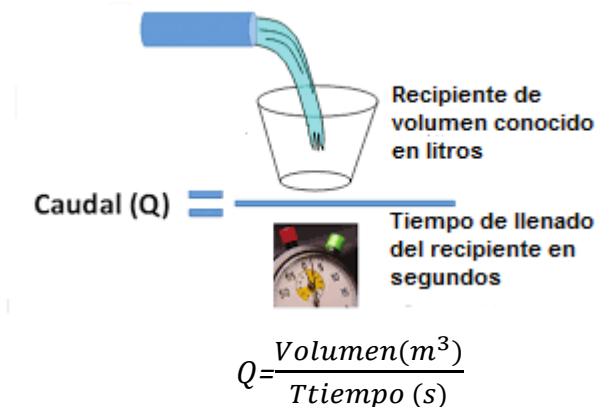
El caudal obtenido ha sido calculado con la velocidad superficial, para determinar el caudal con la velocidad media de su vertical, a este valor lo afectamos por el coeficiente $F_c=0.30$

$$Q_1 = 0.45 * 22.06 \frac{L}{s} = 9.93 \frac{L}{s}$$



Figura 29: Aforo por el método del flotador

Aforo en acequia por el método volumétrico



Donde:

- Volumen de un recipiente conocido
- V: (L)
- T: Tiempo que tarda en llenar el recipiente (s)

HORA: 9 am-9.30 am

V= 20.00

T1= 2.21

T2= 2.12

T3= 1.99

T4= 1.94

T5= 2.13

T6= 2.34

Tpromedio= 2.122

$$Q1 = \frac{20 L}{2.122 s} = 9.43 \frac{L}{s}$$

HORA: 9.30 am-10 am

V= 20.00

T1= 2.37

T2= 1.84

T3= 2.12

T4= 2.04

T5= 1.99

T6= 2.28

Tpromedio= 2.107

$$Q2 = \frac{20 m^3}{2.107 s} = 9.49 \frac{m^3}{s}$$



Figura 30: Aforo por el método volumétrico

MEDICIÓN DE CAUDAL N° 03

Aforo en medidor de caudal Palmer-Bowlus

$$y = 0.23 * X^{1.35}$$

Donde:

Y: caudal (L/s)

X: Carga de agua o profundidad del flujo (cm)

HORA: 6 am-7 am

Medida de carga de agua:

X1: 56.2

X2: 55.9

X3: 52.3

X4: 52

Xpromedio= 54.10

HORA: 9 am-10 am

Medida de carga de agua:

X1: 67

X2: 67

X3: 67

X4: 67

Xpromedio= 67.00

HORA: 12 pm-1 pm

Medida de carga de agua:

X1: 58.6

X2: 61.8

X3: 62.3

X4: 53

Xpromedio= 58.93

HORA: 3 pm-4 pm

Medida de carga de agua:

X1: 34.3

X2: 29.6

X3: 30

X4: 33

Xpromedio= 31.73

HORA: 6 pm-7 pm

Medida de carga de agua:

X1: 39
X2: 40.6
X3: 52.3
X4: 52.5

Xpromedio= 46.10



Figura 31: Medida de la profundidad del flujo

Tabla 16: Resultados obtenidos del aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus

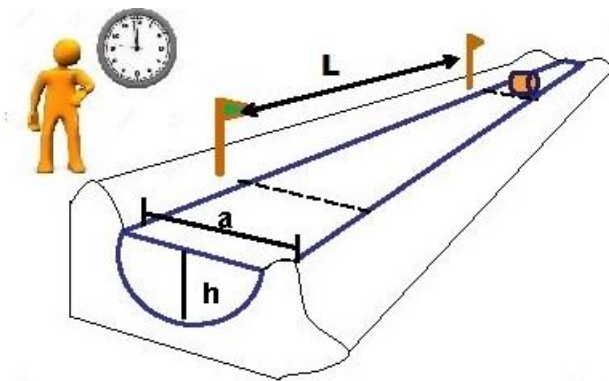
Hora	Carga de agua (cm)	Caudal (l/s)
6 am-7 am	54.10	50.30
9 am-10 am	67.00	67.13
12 pm-1 pm	58.93	56.45
3 pm-4 pm	31.73	24.47
6 pm-7 pm	46.10	40.53

Solo en el horario de 9am a 10am, el flujo de agua residual desborda la estructura de pre tratamiento.



Figura 32: Limpieza de espuma para facilidad en la toma de datos

Aforo en acequia por el método del flotador



$$Q = \text{Área (m}^2\text{)} * \text{Velocidad (m/s)}$$

Donde:

- Área que ocupa el flujo en el canal
- A: (m²)
- V: Velocidad del flotador al recorrer el tramo seleccionado (m/s)
- h: Profundidad del flujo (m)
- L: Longitud que recorre el flotador (m)
- a: Ancho del canal (m)
- T: Tiempo en que el flotador recorre el tramo seleccionado (s)

HORA: 9 am-10 am

h= 0.05
L= 4.00
a= 0.74

T1=	7.90	}	Tpromedio= 7.917
T2=	8.30		
T3=	8.00		
T4=	7.40		
T5=	7.70		
T6=	8.20		

Velocidad del flotador:

$$V = \frac{3.00 \text{ m}}{7.917 \text{ s}} = 0.379 \text{ m/s}$$

Área que ocupa el caudal en la acequia:

$$A = 0.05\text{m} * 0.74\text{m} = 0.037\text{m}^2$$

Caudal:

$$Q = 0.037\text{m}^2 * 0.379 \text{ m/s} = 0.01402 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q2 = 14.02 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$

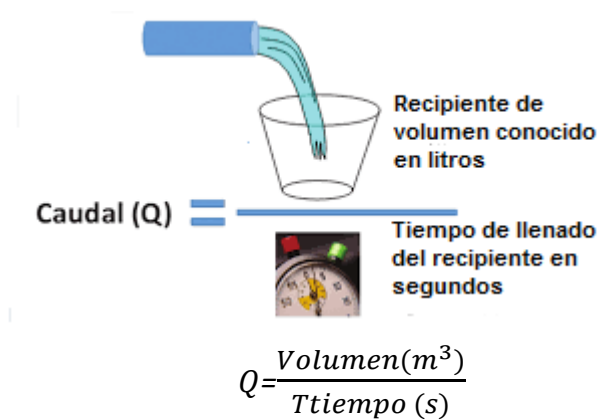
El caudal obtenido ha sido calculado con la velocidad superficial, para determinar el caudal con la velocidad media de su vertical, a este valor lo afectamos por el coeficiente $F_c=0.30$

$$Q1 = 0.45 * 14.02 \frac{\text{L}}{\text{s}} = 6.31 \frac{\text{L}}{\text{s}}$$



Figura 33: Aforo por el método del flotador

Aforo en acequia por el método volumétrico



Donde:

Volumen de un recipiente conocido

V: (L)

T: Tiempo que tarda en llenar el recipiente (s)

HORA: 9 am-9.30 am

V= 20.00

T1=	2.25	} Tpromedio= 2.158
T2=	2.76	
T3=	1.86	
T4=	2.12	
T5=	2.00	
T6=	1.96	

$$Q1 = \frac{20 L}{2.15 s} = 9.30 \frac{L}{s}$$

HORA: 9.30 am-10 am

V= 20.00

T1=	1.78	} Tpromedio= 2.027
T2=	1.99	
T3=	1.68	
T4=	2.51	
T5=	1.94	
T6=	2.26	

$$Q2 = \frac{20 \text{ m}^3}{2.027 \text{ s}} = 9.87 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$



Figura 34: Aforo por el método volumétrico

Tabla 17: Resumen de aforo en el medidor de caudal Palmer-Bowlus

Caudal que ingresa a la PTAR N°01				
Hora	AFORO 01	AFORO 02	AFORO 03	Caudal promedio (l/s)
	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	
6 am-7 am	50.93	49.17	50.30	50.13
9 am-10 am	66.93	67.03	67.13	67.03
12 pm-1 pm	55.48	55.48	56.45	55.80
3 pm-4 pm	24.99	19.17	24.47	22.88
6 pm-7 pm	42.38	41.36	40.53	41.42

En el aforo de caudal que ingresa a la PTAR N°01 en diferentes horarios, solo en el horario de 9am a 10am, el flujo de agua residual desborda la estructura de pre tratamiento; obteniendo un caudal máximo de aforo de 67.03L/s, y en el resto de horario se tiene un caudal promedio de aforo de 42.56L/s.

Tabla 18: Resumen de aforo en acequia

Caudal que desborda el sistema de pre tratamiento/cribado-medidor de caudal						
Hora	AFORO 01		AFORO 02		AFORO 03	
	Método Flotador	Método Volumétrico	Método Flotador	Método Volumétrico	Método Flotador	Método Volumétrico
	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)	Q (l/s)
9 am-9.30 am	7.14	7.75	9.93	9.43	6.31	9.30
9.30 am-10 am		8.77		9.49		9.87
Caudal promedio		8.26		9.46		9.59
Caudal elegido	8.26		9.46		9.59	
Caudal promedio	9.10					

El agua residual que desborda el sistema de pre tratamiento en el horario de 9am a 10am, ha sido aforado por el método del flotador y el método volumétrico; para este estudio se consideró el aforo por el método volumétrico, teniendo un caudal promedio de aforo de 9.10L/s. El agua residual de máximo aforo que llega a la PTAR N°01, es la suma del caudal que ingresa a la PTAR en el horario de 9am a 10 am, más el caudal que desborda es: $67.03 \text{ L/s} + 9.10 \text{ L/s} = 76.13 \text{ L/s}$

4.4 RESULTADOS DE ENSAYO DE LABORATORIO

Los resultados obtenidos del laboratorio se presentan a continuación en tablas, y luego se realiza una interpretación de cada una de ellas.

Tabla 19: Resultados obtenidos del muestreo de agua residual

Parámetro	Unidad	LCM	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N°01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	2.5000	182.5	38.0	22.0	32.5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /L	8.3000	429.7	157.1	49.4	56.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mgO ₂ /L	2.6000	222.0	71.8	18.3	16.3
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	23.3	7.0	<LCM	<LCM
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8000	24 000 000	13 000 000	700 000	130 000

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

Con la tabla de resultados obtenidos del ensayo de laboratorio, hacemos una comparativa con el cuadro de Límite Máximo Permissible de Efluentes para Vertidos a cuerpos de Agua del MINAM (Resultado de ensayo vs LMP de Efluente)

Tabla 20: Comparación de LMP y muestras tomadas

Parámetro	Unidad	LMP de Efluente para Vertidos a Cuerpos de Agua	Salida PTAR N°01
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	150	32.5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mgO ₂ /L	200	56.6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mgO ₂ /L	100	16.3
Aceites y Grasas	mg/L	20	<LCM
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	10, 000	130 000

Sólidos Suspendedos Totales: Está dentro del Límite Máximo Permissible para vertidos a cuerpos de agua.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Está dentro del Límite Máximo Permissible para vertidos a cuerpos de agua.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅): Está dentro del Límite Máximo Permissible para vertidos a cuerpos de agua.

Aceites y Grasas: Está dentro del Límite Máximo Permissible para vertidos a cuerpos de agua.

Coliformes Termotolerantes: No está dentro del Límite Máximo Permissible para ser vertido a cuerpos de agua.



Gráfico 1: Comparativa de Coliformes Termotolerantes

Si el LMP según el MINAM es 10 000 NMP/100mL y el obtenido como resultado del ensayo es de 130 000 NMP/100mL, entonces hay un exceso de 120 000 NMP/100mL de coliformes termotolerantes.

En conclusión, los cuerpos de agua del río Lanla son contaminados al recibir las aguas tratadas de la PTAR N°01 de la ciudad de Cajabamba, perjudicando a todo ecosistema del cuerpo de agua receptor y a la población que hace uso del recurso hídrico para regadío y otros fines.

4.5 EVALUACIÓN DEL NIVEL DE DESCONTAMINACIÓN DE LOS COMPONENTES DE LA PTAR N°01

Con los resultados obtenido en laboratorio, aforo del caudal que ingresa a la PTAR N°01 y el caudal de diseño estimado por el gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION, evaluamos los componentes de la Planta de Tratamiento.

a. Reja fina y medidor de caudal

La simulación del comportamiento del flujo en la recámara de reja fina y el medidor de caudal Palmer-Bowlus, se realizó con tres caudales diferentes:

- Caudal estimado por el consultor NJS: 20.83 L/s
- Caudal estimado por el Gobierno Regional de Cajamarca-PRO REGION: 34.4 L/s
- Caudal máximo de aforo: 76.13 L/s

Observamos que el caudal de 20.83 L/s ingresa a la estructura con una velocidad comprendida entre 0.207m/s a 0.627m/s siguiendo el flujo la dirección donde inicia la conducción del caudal hacia la recamará de distribución, la cual repartirá el caudal hacia los Tanques Imhoff.

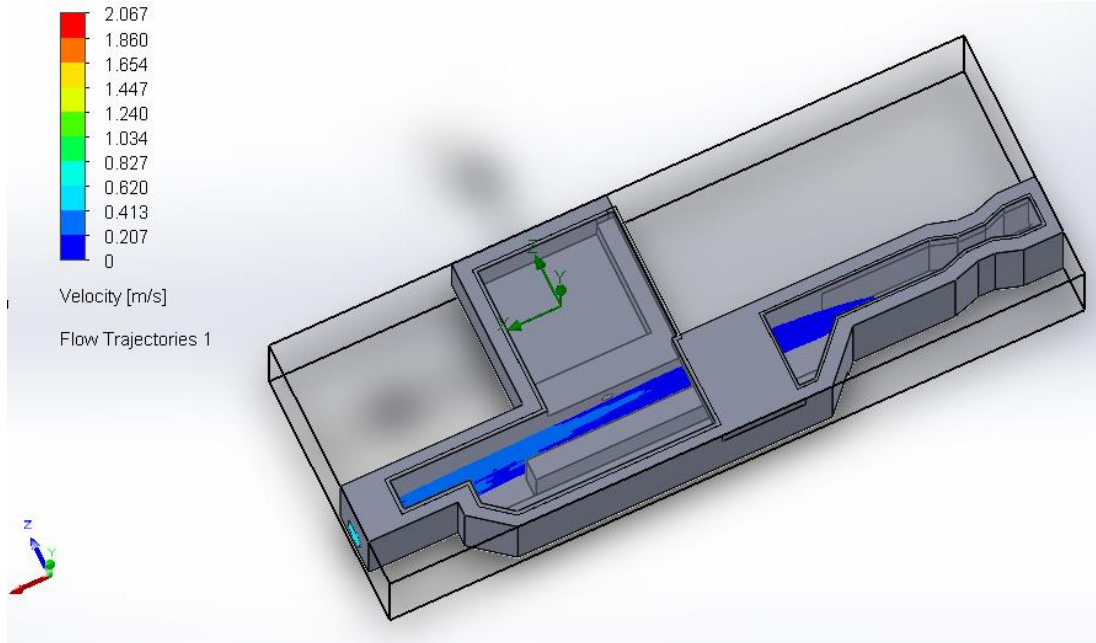


Figura 35: Dirección que sigue el flujo en la estructura con un caudal de 20.83 L/s

La estructura con un caudal de 34.4L/s no falla, ya que no se evidencia desborde ni altas velocidades del agua residual (0.207m/s a 0.627m/s).

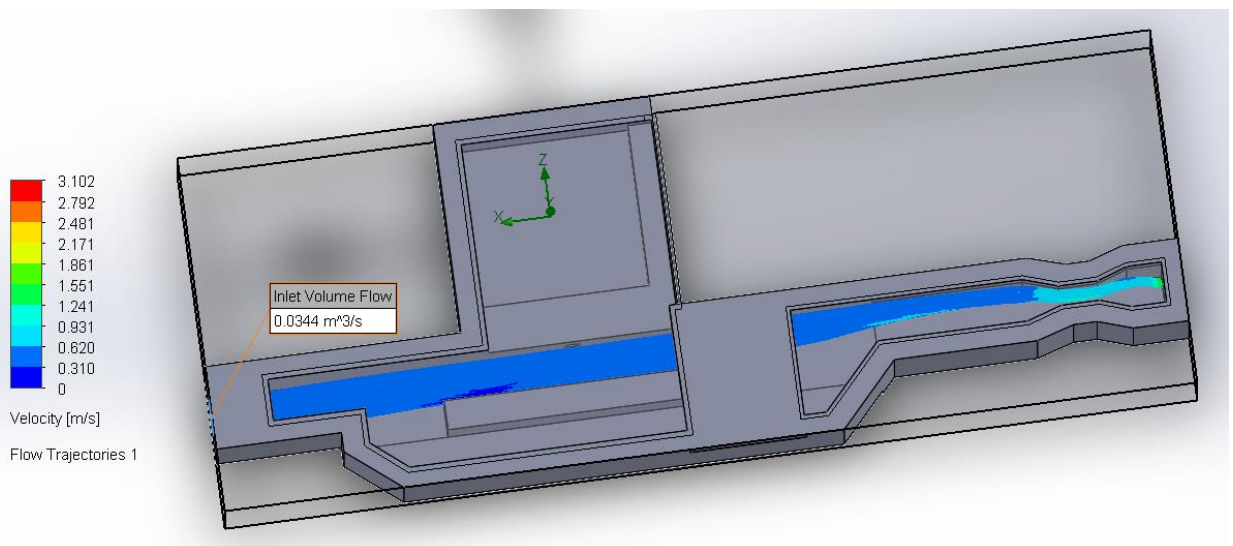


Figura 36: Simulación del comportamiento del flujo con un caudal de 34.4 L/s

Observamos que el caudal de 76.13 L/s ingresa a la estructura con una velocidad comprendida entre 0.162m/s a 0.972m/s siguiendo el flujo la dirección donde inicia la conducción del caudal hacia la recamará de distribución.

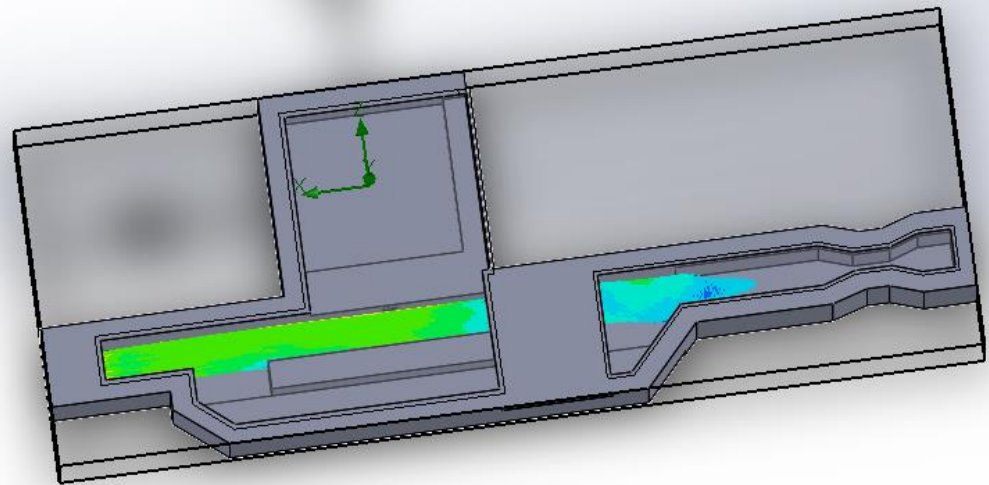
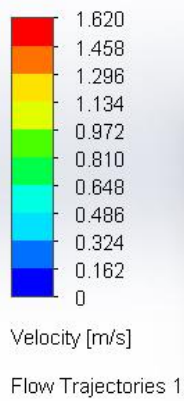


Figura 37: Dirección que sigue el flujo en la estructura con un caudal de 76.13 L/s

La estructura con un caudal de 76.13 L/s falla, ya que se evidencia el desborde del agua residual. El agua cruda que desbordada va a dar al canal adyacente, el cual arroja dichas aguas directamente sin tratar al río Lanla.

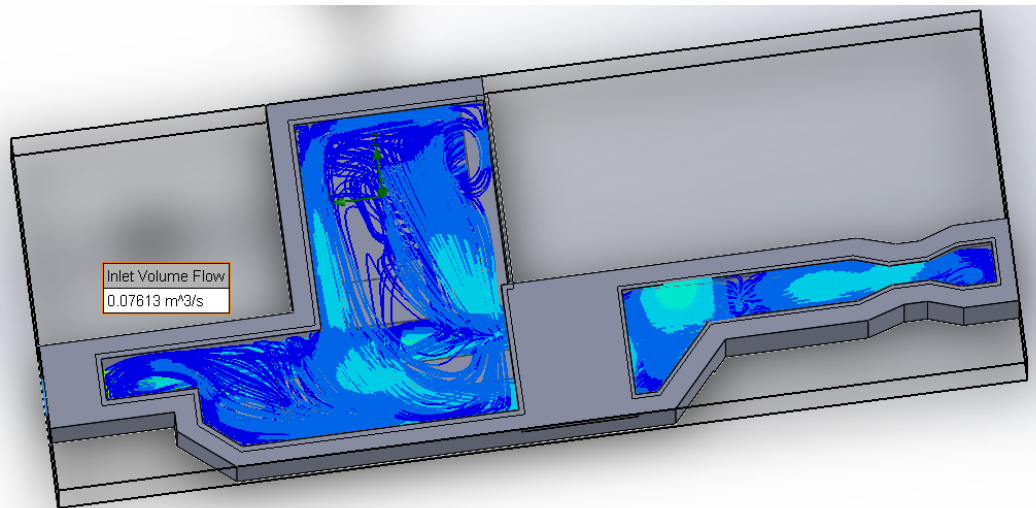
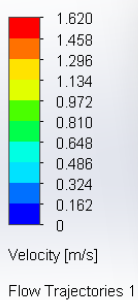


Figura 38: Simulación del comportamiento del flujo con un caudal de 76.13 L/s

b. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Con la tabla de los resultados de laboratorio, analizamos el porcentaje de los SST que son retenidos y que pasan por las estructuras.

Tabla 21: Porcentaje de descontaminación SST

Parámetro	Unidad	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	182.5	38.0	22.0	32.5
Porcentaje de descontaminación	%	100	20.82	12.05	17.81

Los Sólidos Suspendidos Totales al ingreso de la PTAR es de 182.5mg/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1 y al momento de ingresar al Filtro Percolador N°1, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 20.82% de SST ingresó al Filtro Percolador N°1 quedando un **79.18%** de SST en el Tanque Imhoff N°1.

Los SST al ingreso de la PTAR es de 182.5mg/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°2 y el Filtro Percolador N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 12.05% de SST ingresó al Tanque Dortmund N°2 quedando un 87.95% de SST en el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2.

Los SST al ingreso de la PTAR es de 182.5mg/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1, Tanque Imhoff N°2, Filtro Percolador N°1, Filtro Percolador N°2, Tanque Dortmund N°1 y Tanque Dortmund N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 17.81% de SST salieron en las aguas ya tratadas, quedando un 82.19% de SST en todo el Sistema de Tratamiento de Agua Residual N°1 de la ciudad de Cajabamba.

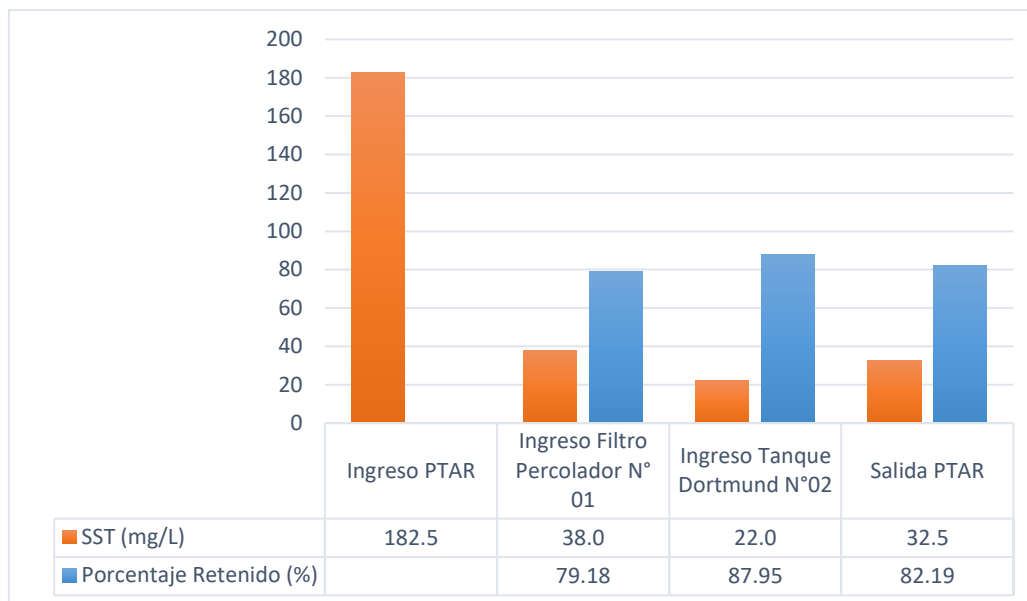


Gráfico 2: Porcentaje retenido de SST

El porcentaje de retención de SST de todo el sistema (82.19%) es menor al porcentaje retenido entre el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2 (87.95%), esto nos da a entender que, si los SST a la salida de la PTAR es de 32.5mg/L, siendo su concentración mayor que al ingresó del Tanque Dortmund N°2 que es de 22mg/L; entonces asumimos que en el Filtro Percolador N°1 no hay un buen porcentaje de descontaminación, es decir que al finalizar el proceso de descontaminación del Filtro Percolador N°1 los SST es mayor a 22mg/L

c. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de la Demanda Química de Oxígeno (DBO)

Con la tabla de los resultados de laboratorio, analizamos el porcentaje de los DBO que son retenidos y que pasan por las estructuras.

Tabla 22: Porcentaje de descontaminación DQO

Parámetro	Unidad	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	429.7	157.1	49.4	56.6
Porcentaje de descontaminación	%	100	36.56	11.50	13.17

La Demanda Química de Oxígeno al ingreso de la PTAR es de 429.7mgO₂/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1 y al momento de ingresar al Filtro Percolador N°1, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 36.56% de DQO ingresó al Filtro Percolador N°1 quedando un **63.44%** de DQO en el Tanque Imhoff N°1.

La DQO al ingreso de la PTAR es de 429.7mgO₂/L, representando el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°2 y el Filtro Percolador N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 11.50% de DQO ingresó al Tanque Dortmund N°2 quedando un 88.50% de DQO en el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2.

La DQO al ingreso de la PTAR es de 429.7mgO₂/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1, Tanque Imhoff N°2, Filtro Percolador N°1, Filtro Percolador N°2, Tanque Dortmund N°1 y Tanque Dortmund N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 13.17% de SST salieron en las aguas ya tratadas, quedando un 86.83% de DQO en todo el Sistema de Tratamiento de Agua Residual N°1

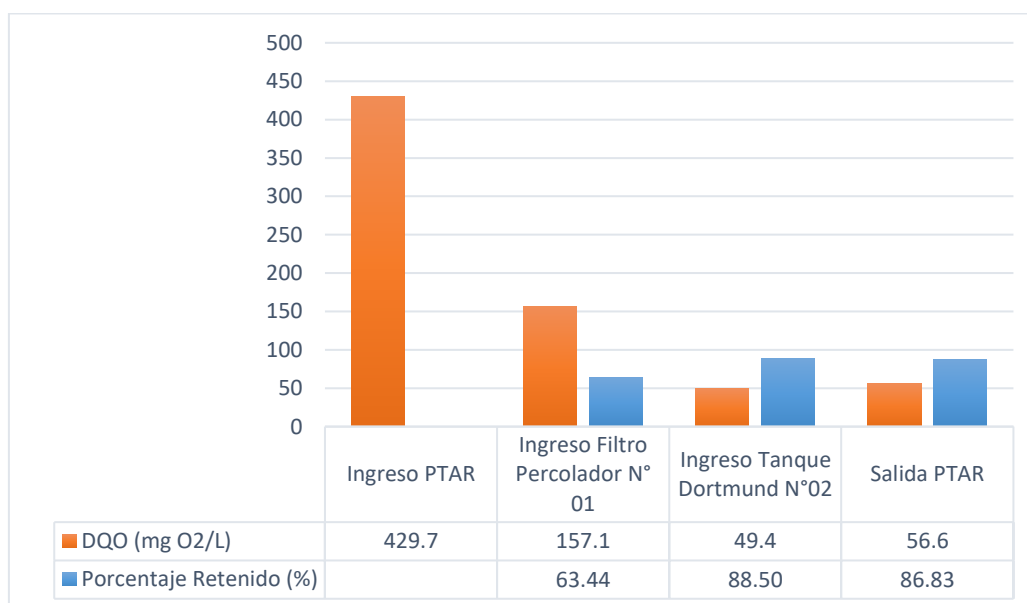


Gráfico 3: Porcentaje retenido de DQO

El porcentaje de retención de DQO de todo el sistema (86.83%) es menor al porcentaje retenido entre el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2 (88.50%), esto nos da a entender que, si la DQO a la salida de la PTAR es de 56.6mgO₂/L, siendo su concentración mayor que al ingreso del Tanque Dortmund N°2 que es

de 49.4mgO₂/L, entonces asumimos que en el Filtro Percolador N°1 hay un porcentaje de descontaminación menor comparado con el Filtro Percolador N°2, es decir que al finalizar el proceso de descontaminación del Filtro Percolador N°1 la DQO es mayor a 49.4mgO₂/L

d. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)

Con la tabla de los resultados de laboratorio, analizamos el porcentaje de los DBO5 que son retenidos y que pasan por las estructuras.

Tabla 23: Porcentaje de descontaminación DBO5

Parámetro	Unidad	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	222.0	71.8	18.3	16.3
Porcentaje de descontaminación	%	100	32.34	8.24	7.34

La Demanda Bioquímica de Oxígeno al ingreso de la PTAR es de 222mgO₂/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1 y al momento de ingresar al Filtro Percolador N°1, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 32.34% de La DBO5 ingresó al Filtro Percolador N°1 quedando un **67.66%** de La DBO5 en el Tanque Imhoff N°1.

La DBO5 al ingreso de la PTAR es de 429.7mgO₂/L, representando el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°2 y el Filtro Percolador N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 8.24% de La DBO5 ingresó al Tanque Dortmund N°2 quedando un 91.76% de La DBO5 en el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2.

La DBO5 al ingreso de la PTAR es de 429.7mgO₂/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1, Tanque Imhoff N°2, Filtro Percolador N°1, Filtro Percolador N°2, Tanque Dortmund N°1 y Tanque Dortmund N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 7.34% de DBO5 salieron en las aguas ya tratadas, quedando un 92.66% de La DBO5 en todo el Sistema de Tratamiento de Agua Residual N°1

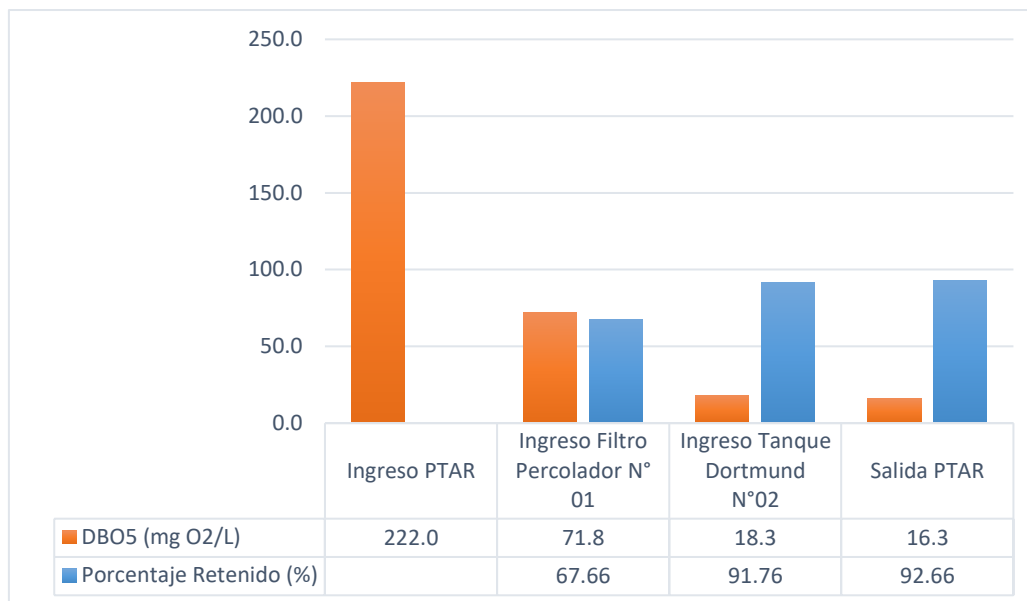


Gráfico 4: Porcentaje retenido de DBO5

Si la DBO5 a la salida de la PTAR es de 16.3mgO₂/L, siendo su valor de concentración menor a cualquier punto evaluado, entonces asumimos que todos los componentes del sistema de Tratamiento de agua Residual N°1 tienen un buen porcentaje de descontaminación.

e. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Aceites y Grasas

Con la tabla de los resultados de laboratorio, analizamos el porcentaje de los Aceites y Grasas que son retenidos y que pasan por las estructuras.

Tabla 24: Porcentaje de descontaminación Aceites y Grasas

Parámetro	Unidad	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Aceites y Grasas	mg/L	23.3	7.0	<LCM	<LCM
Porcentaje de descontaminación	%	100	30.04	-	-

Los Aceites y Grasas al ingreso de la PTAR es de 23.3mg/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1 y al momento de ingresar al Filtro Percolador N°1, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 30.04% de los Aceites y Grasas ingresó al Filtro Percolador N°1 quedando un 69.96% de los Aceites y Grasas en el Tanque Imhoff N°1.

Los Aceites y Grasas al ingreso de la PTAR es de 23.3mg/L, representando el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°2 y el Filtro Percolador N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo un porcentaje mínimo de los Aceites y Grasas ingresó al Tanque Dortmund N°2 quedando aproximadamente el 80.69% de los Aceites y Grasas en el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2.

Los Aceites y Grasas al ingreso de la PTAR es de 23.3mg/L, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1, Tanque Imhoff N°2, Filtro Percolador N°1, Filtro Percolador N°2, Tanque Dortmund N°1 y Tanque Dortmund N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo un porcentaje mínimo de los Aceites y Grasas salieron en las aguas ya tratadas, quedando un aproximadamente el 90.13% de los aceites y grasas en todo el Sistema de Tratamiento de Agua Residual N°1

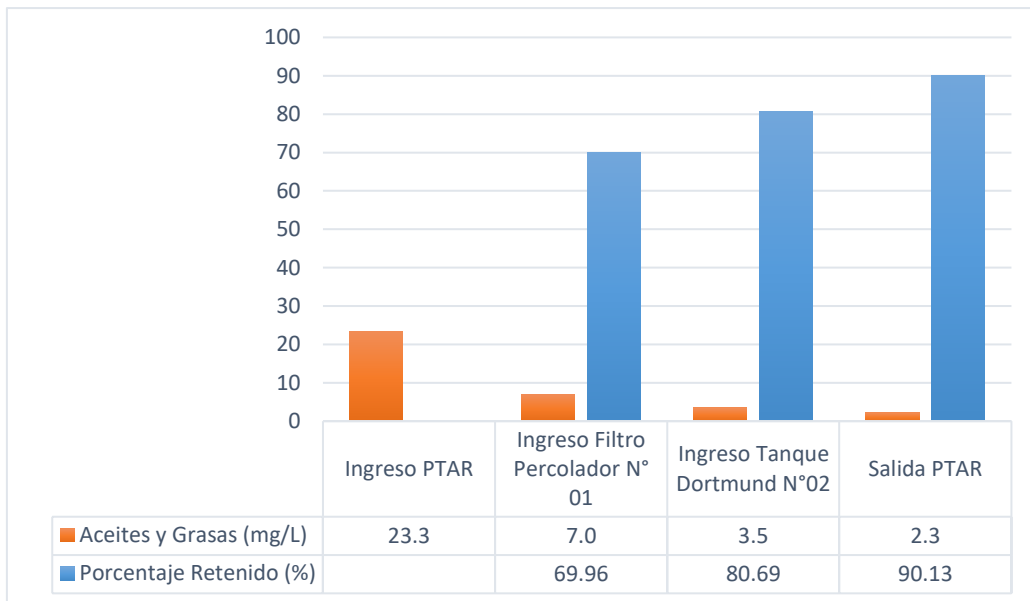


Gráfico 5: Porcentaje retenido de Aceites y Grasas

Si los Aceites y Grasas a la salida de la PTAR es mínimo, siendo su valor de concentración menor a cualquier punto evaluado, entonces asumimos que todos los componentes del sistema de Tratamiento de agua Residual N°1 tienen un buen porcentaje de descontaminación.

f. Evaluación de los componentes de la PTAR por medio de Coliformes Termotolerantes

Con la tabla de los resultados de laboratorio, analizamos el porcentaje de los Coliformes Termotolerantes que son retenidos y que pasan por las estructuras.

Tabla 25: Porcentaje de descontaminación Coliformes Termotolerantes

Parámetro	Unidad	Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	24 000 000	13 000 000	700 000	130 000
Porcentaje de descontaminación	%	100	54.17	2.92	0.54

Los Coliformes Termotolerantes al ingreso de la PTAR es de 24×10^6 NMP/100mL, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1 y al momento de ingresar al Filtro Percolador N°1, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 54.17% de los Coliformes Termotolerantes ingresó al Filtro Percolador N°1 quedando un **45.83%** de los Coliformes Termotolerantes en el Tanque Imhoff N°1.

Los Coliformes Termotolerantes al ingreso de la PTAR es de 24×10^6 NMP/100mL, representando el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°2 y el Filtro Percolador N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 2.92% de los Coliformes Termotolerantes ingresó al Tanque Dortmund N°2 quedando un 97.08% de los Coliformes Termotolerantes en el Tanque Imhoff N°2 y Filtro Percolador N°2.

Los Coliformes Termotolerantes al ingreso de la PTAR es de 24×10^6 NMP/100mL, el cual representa el 100%, es decir que luego de pasar por el Tanque Imhoff N°1, Tanque Imhoff N°2, Filtro Percolador N°1, Filtro Percolador N°2, Tanque Dortmund N°1 y Tanque Dortmund N°2, de ese 100% que ingresó a la PTAR, solo el 0.54% de los Coliformes Termotolerantes salieron en las aguas ya tratadas, quedando un 99.46% de los Coliformes Termotolerantes en todo el Sistema de Tratamiento de Agua Residual N°1

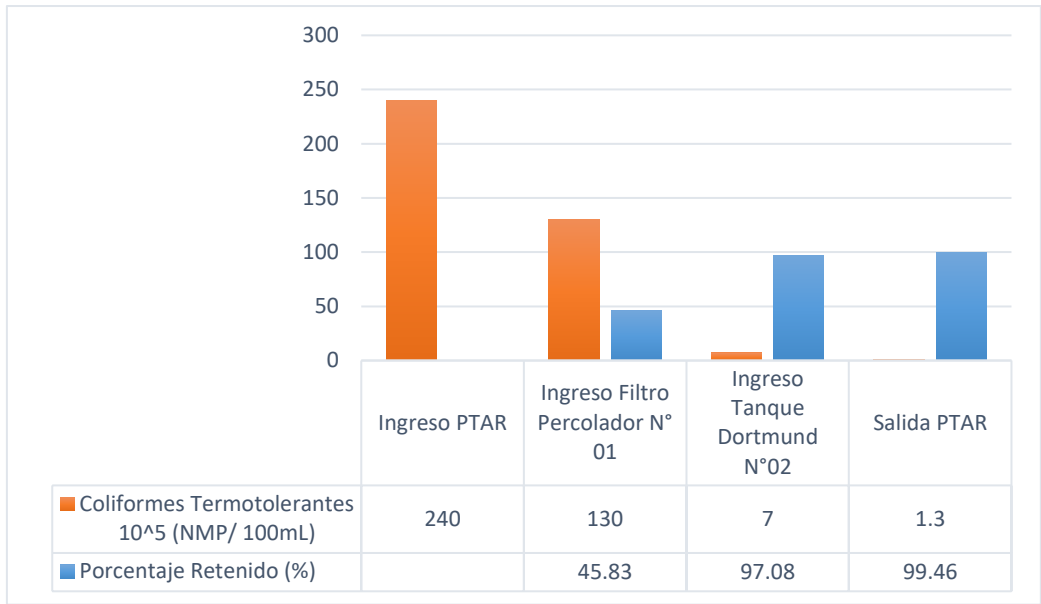


Gráfico 6: Porcentaje retenido de Coliformes Termotolerantes

Si los Coliformes Termotolerantes a la salida de la PTAR es de 130000NMP/100mL, siendo su valor de concentración menor a cualquier punto evaluado, entonces asumimos que todos los componentes del sistema de Tratamiento de agua Residual N°1 tienen un buen porcentaje de descontaminación. Si este nivel de descontaminación no es suficiente, ya que el valor enviado a los cuerpos receptores de agua supera por 120000NMP/100mL al valor de acuerdo a MINAM, entonces asumimos que el proceso de desinfección está fallando.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- El caudal de aforo más alto, se detectó en el horario de 9a.m – 10a.m, sucediendo cuando el camal municipal arroja sus aguas residuales al alcantarillado de la ciudad de Cajabamba
- Se estimó por el Consultor NJS que la PTAR N°01 recibiría para el año 2027 un caudal máximo horario de **20.83 L/s**, y en la actualidad (año 2022) observamos un caudal máximo de aforo de **76.13 L/s**
- Existe contaminación en el río Lanla, ya que el agua residual desborda la estructura de cribado en el horario de 9am a 10am. El caudal de aforo promedio que desborda es de 9.10L/s, y va directamente a dar al río Lanla.
- El porcentaje de descontaminación de estructuras y de la PTAR son:

PORCENTAJES DE REMOCIÓN					
ESTRUCTURA	PARAMETRO ANALIZADO				
	DBO5	DQO	SST	A y G	COLIFORMES T.
Tanque Imhoff N°1	67.66%	63.44%	79.18%	69.96%	45.83%
Tanque Imhoff N°2	91.76%	88.50%	87.95%	80.69%	97.08%
Filtro Percolador N°2					
Salida de PTAR	92.66%	86.83%	82.19%	90.13%	99.46%

- Los cuerpos de agua del río Lanla son contaminados al recibir las aguas tratadas de la PTAR N°1 de la ciudad de Cajabamba; ya que reciben 130 000 NMP/100mL COLIFORMES TERMOTOLERANTES, teniendo un exceso de 120,000NMP/100mL.

RECOMENDACIONES

- Que, las autoridades locales, regionales, instituciones de carácter público y privadas, deberían brindar facilidades y apoyo; para mejorar el tratamiento que siguen las aguas residuales de la ciudad de Cajabamba.
- Que, las Plantas de Tratamiento Residual de la ciudad de Cajabamba, mediante gestión de autoridades locales y regionales, pueda tener un laboratorio acreditado para facilitar la toma de muestras y análisis periódicos; y así poder documentar y tener información del estado de las plantas y generar un diagnóstico de funcionamiento de las PTARs para optimizar su tratamiento
- Incentivar mediante programas de visitas guiadas y concientización sobre efectos negativos generados por un deficiente tratamiento a aguas residuales, para lograr que los estudios en evaluación, estado, proceso y eficiencia de las PTARs sean continuos.
- Generar un diagnóstico del estado y calidad del agua en río Lanla, donde las PTARs vierten sus aguas tratadas.

PROPUESTA DE MEJORA

- En el área reservada para el funcionamiento de la PTAR N°01 existe disponibilidad de área para hacer una extensión del sistema de pre tratamiento de aguas residuales, y así tratar a las aguas residuales que no tienen tratamiento sin saturar el existente.
- Mejorará el rendimiento y la eficiencia de la PTAR N°01, si las aguas residuales del camal municipal tuviesen su propio sistema de tratamiento.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AAS, A. A. (1992). DETERMINACION DEL GRADO DE EFICIENCIA DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. San José-Costa Rica: CAPRE/ANDESAPA.
- Alaerts, G. (1995). Wastewater Treatment. Tratamiento de Aguas, presentado en "Curso-Taller Internacional sobre tratamiento anaerobio de aguas residuales". Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle.
- ANA. (2013). Situación actual y perspectivas en el Sector Agua y Saneamiento en el Perú. Trabajo presentado en el Seminario de Tecnología alemana en el rubro de Agua y Saneamiento. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- CELADE. (1986). Informe de actividades del Centro Latinoamericano de demografía. México.
- Clesceri, L., Greenberg, A., & Trussell, R. (1989). Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. EE.UU: WPCF Water Pollution Control Federation Estados Unidos.
- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., & Tomasini Ortiz, A. C. (2017). dimensionamiento de Lagunas de Estabilización. México: IMATA.
- Cortés, F., Treviño, A., & Tomasini, A. C. (2017). dimensionamiento de Lagunas de Estabilización. México: IMATA.
- Crites, R., & Tchobanoglous, G. (2000). Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones. Colombia: Santa Fe de Bogota.
- FONAM. (2010). Oportunidades de Mejora Ambientales por el Tratamiento de Aguas Residuales en el Peru. Lima: Fondo Nacional del Ambiente.
- Haandel, A., & Lettinga, G. (1994). Tratamiento Anaeróbico de Esgotos. Brasil: Editora EPGRAF. Campina Grande.
- IMTA. (2003). Tratamiento de Lodos Residuales. Jiutepec, Morelos: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.
- INAA, I. N. (2017). GUÍAS TÉCNICAS PARA EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO SANITARIO Y SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Nicaragua.
- J Agüero. (2011). MECANICA DE FLUIDOS INCOMPRESIBLES Y TURBOMAQUINAS HIDRAULICAS. Argentina: Ciencia 3, S.L.
- Kennedy, A., Fragoza, M., & Peña, E. (1992). Coordinación tecnológica de riego y Drenaje. En I. M. Agua, Manual de Aforos (pág. 6). MEXICO: COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA.
- Larios Meoño, J. F., González Taranco, C., & Morales Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y Hacer, 09-25.
- Larios, J., González, C., & Morales O, Y. (2015). LAS AGUAS RESIDUALES Y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERU. Saber y Hacer-Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 25.

- Ludwig, J. H., & Ludwig, R. G. (1951). diseño de Canales Palmer-Bowlus. Federación de Control de la Contaminación del Agua.
- M. Basan. (2008). "Aforadores de corriente de agua". Instituto Nacional de Tecnología Agorpecuaria, 34-37.
- M. Piraguero. (2014). Medición del caudales. Medellín, Colombia: Carantioquia.
- Metcalf, & Eddy. (1985). Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento., Madrid, España. : MacGraw-Hill. .
- Metcalf y Eddy . (1995). Ingeniería de Aguas Residuales. McGraw Hill-Madrid: Tchobanoglous y Burton.
- Metcalf y Eddy. (2004). Wastewater engineering treatment and reuse. Signapur: 4^a ed. Mc Graw- Hill.
- N Okafor. (2007). Treatment of. Modern Industrial Microbiology and Biotechnology, 505-527.
- N. Coey. (1998). Fundamentos para le tratamiento del agua residual. Pataskala: Water Environment Federation.
- N.J.S. (2007). Mejoramiento y Ampliación del sistema de Alcantarillado e Intalación de PTAR de la Ciudad de Cajabamba. Cajabamba.
- Noyola. (2000). Alternativas de tratamiento de aguas residuales. México: Manuales IMTA.
- OPS, O. P., & CEPIS, C. y. (2005). GUÍAS PARA EL DISEÑO DE TECNOLOGÍAS DE ALCANTARILLADO. Lima: Limusa S.A.
- Peña, M., & Valencia, E. (1998). Reuso en Irrigación de Aguas Residuales Domésticas Tratadas: una Alternativa Sostenible para el Manejo Integral del Recurso Hídrico. Presentado en "SeminarioTaller Saneamiento Básico y Sostenibilidad", AGUA Y SOSTENIBILIDAD. Cali-Colombia: Universidad del Valle.
- PEREZ PARRA, J. (1997). Manual de potabilizacion del agua. 3ed. Medellín.
- Piraguero, M. (2014). Medición del Caudal. Corantioquia, 5-24.
- Reutelschöfer, T., & Guzmán Bejarano, L. F. (2015). Guía para la toma de muestras de agua residual. Servicio Nacional para la Sostenibilidad de Servicios en Saneamiento Básico, 40.
- RNE. (2006). Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Rocha Felices, A. (2015). Hidráulica de Tuberías y Canales. ICG, 15.
- S.N.J. (2007). Mejoramiento y Ampliación del sistema de Alcantarillado e Intalación de PTAR de la Ciudad de Cajabamba. Cajabamba.
- Sarabia, F. (2012). Evaluación del manejo de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chilpina de Marzo. Arequipa: Ponencia presentada para el Informe del Departamento de Tratamiento de aguas residuales. Arequipa-Perú.
- SUNASS. (2008). Estudio Diagnóstico Situacional de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales en las EPS del Perú y Propuestas de Solución. Lima.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO N°1: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS-MICROBIOLÓGICOS DE 05 PARÁMETROS ANALIZADOS



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0322140-I⁽¹⁾

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **JUAN JOSE VASQUEZ ANTICONA**
Dirección -
Persona de contacto **JUAN JOSE VASQUEZ ANTICONA** Correo electrónico juanjovasanti@gmail.com

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.03.22** Hora de Muestreo **7:54 a 9:07**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **04**
Ensayos solicitados **Físicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **PTAR Cajabamba**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-105** Cadena de Custodia **CC - 140 - 22**
Fecha y Hora de Recepción **10.03.22 16:30** Inicio de Ensayo **10.03.22 16:50**
Reporte Resultado **23.03.22 10:05**

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

FIRMA DIGITAL
GRC CAJAMARCA

Firmado digitalmente por NEYRA
JAICD Edder Miguel FAU
20483744198 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.03.2022 11:24:09 -05:00

Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028

Cajamarca, 29 de Marzo de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 0322140-I⁽¹⁾

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			Ingreso PTAR	Ingreso Filtro Percolador N° 01	Ingreso Tanque Dortmund N°02	Salida PTAR	-	-
Código Laboratorio			0322140-01	0322140-02	0322140-03	0322140-04	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	-	-
Localización de la Muestra			PTAR 01 Cajabamba	PTAR 01 Cajabamba	PTAR 01 Cajabamba	PTAR 01 Cajabamba	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.5000	182.5	38.0	22.0	32.5	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3000	429.7	157.1	49.4	56.6	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	222.0	71.8	18.3	16.3	-	-
Aceites y Grasas	mg/L	1.7000	23.3	7.0	<LCM	<LCM	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	24 x 10 ⁶	13 x 10 ⁶	70 x 10 ⁴	13 x 10 ⁴	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,D, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Suspended Solids Dried at 103 - 105°C
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colormetric Method
Aceites y Grasas	mg/L	EPA Method 1664 Rev. B. 2010: n-Hexane Extractable Material (HEM, Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM, Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry.
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas in campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditación emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ (1) Se corrigieron los nombres de los parámetros, DBO₅ y DQO, debido a que hubo error de tipeo.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 29 de Marzo de 2022



Firmado digitalmente por COUINA VENEZAS Juan Jose FAU 20453744168.sch Motivo: Doy V° B° Fecha: 20.03.2022 11:20:32 -05:00

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONDO: 599000 anexo 1140.



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON Freddy Humberto FAU 20453744168.sch Motivo: Doy V° B° Fecha: 20.03.2022 11:09:17 -05:00

Página: 2 de 2

REGISTRO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA N°1: Rotulación/organización de insumos y materiales para muestreo



FOTOGRAFÍA N°2: Recepción de materiales de muestreo



FOTOGRAFÍA N°3: Registro de fecha, hora, nombre del responsable y localización del punto de muestreo.



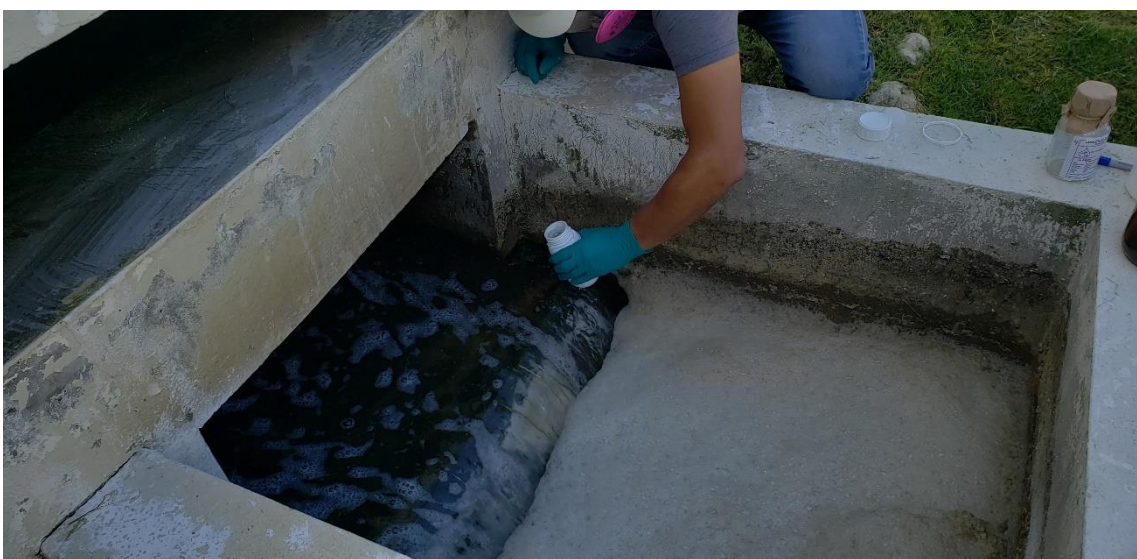
FOTOGRAFÍA N°4: Uso de preservante en toma de muestras



FOTOGRAFÍA N°4: Molinete hidráulico paralizado para toma de muestras



FOTOGRAFÍA N°5: toma de muestras realizadas en la PTAR N°1



FOTOGRAFÍA N°6: Culminación y traslado de muestras tomadas en la PTAR N°1



FOTOGRAFÍA N°6: Entrega de muestras al laboratorio

