

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS:**

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE  
LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE  
POMABAMBA - ANCASH 2018**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**GONZALES JAQUE JUAN BENITO**

**ASESOR:**

**Ing. MARCO ANTONIO SILVA LINDO**

**HUARAZ - ANCASH - PERÚ**

**2019**



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,  
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL  
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.  
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

**1. Datos del Autor:**

Apellidos y Nombres: GONZALES JAQUE JUAN BENITO

Código de alumno: 111.0904.429                      Teléfono: 927 335 589

Correo electrónico: [elaguila\\_jb@hotmail.com](mailto:elaguila_jb@hotmail.com)    DNI o Extranjería: 45723648

**2. Modalidad de trabajo de investigación:**

- Trabajo de investigación                       Trabajo académico  
 Trabajo de suficiencia profesional                       Tesis

**3. Título profesional o grado académico:**

- Bachiller                       Título                       Segunda especialidad  
 Licenciado                       Magister                       Doctor

**4. Título del trabajo de investigación:**

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE POMABAMBA - ÁNCASH 2018.

**5. Facultad de:** INGENIERÍA CIVIL

**6. Escuela, Carrera o Programa:** ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**7. Asesor:**

Apellidos y Nombres: SILVA LINDO MARCO ANTONIO    Teléfono: 970 031 833

Correo electrónico: [maslindo1@yahoo.com](mailto:maslindo1@yahoo.com)                      DNI o Extranjería: 31621028

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: .....

D.N.I.: 45723648

FECHA: 01 / octubre / 2019

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiar mi camino a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar; a mis padres Armando Gonzales y Valeriana Jaque, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo e inspiración en todo momento, depositando su entera confianza en mi persona y alentándome con sus buenos consejos en cada reto asumido para llegar a este punto de mi carrera.

A mis hermanas Mari, Ketty, Hilda y Sonia, por su constante apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme por el camino del bien, por ser mi fortaleza y permitirme cumplir esta meta; a mis padres y hermanas por su apoyo incondicional.

A la facultad de Ingeniería Civil de la universidad nacional “Santiago Antúnez de Mayolo”, por acogerme y albergarme durante la vida universitaria permitiéndome conocer buenos docentes y amigos.

A mis amigos y compañeros de la universidad, en especial a Jean Carlos Paccini Sánchez por su calidad de persona y compañero, por su apoyo moral y pedagógico durante la vida universitaria, y a las grandes personas que conocí durante mi estancia en la universidad.

A mi asesor, el Ing. Marco Antonio Silva Lindo por su apoyo brindado en el desarrollo de la presente investigación.

# Índice

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I .....	1
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1    Situación Problemática.....	1
1.2    Formulación del Problema.....	6
1.2.1    General.....	6
1.2.2    Específicos .....	6
1.3    Justificación.....	6
1.4    Hipótesis y Variables .....	7
1.4.1    Hipótesis. ....	7
1.4.2    Variables .....	7
1.4.3    Matriz de Consistencia. ....	8
1.4.4    Operacionalización de Variables.....	9
1.5    Definición de Términos.....	10
1.6    Objetivos de la Investigación.....	12
1.6.1    Objetivo General. ....	12
1.6.2    Objetivos Específicos. ....	12
1.7    Antecedentes de la Investigación.....	12
CAPÍTULO II.....	16
BASE TEÓRICA Y CONCEPTUAL .....	16
2.1    Base Teórica. ....	16
2.2    Marco Conceptual. ....	16
2.2.1    Definición de aguas residuales.....	16
2.2.2    Clasificación de las aguas residuales.....	17

2.2.3	Tratamiento de Agua Residuales.....	18
2.2.4	Objetivos de tratamiento del tratamiento de aguas residuales. ....	18
2.2.5	Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales. ....	19
2.2.6	Diagrama de Sistema de Tratamiento del agua residual. ....	24
2.2.7	Etapas del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales.....	25
2.2.8	Consideraciones para la Selección de Tecnología de Tratamiento .....	35
2.2.9	Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). ....	38
2.2.10	Durabilidad del Concreto Estructural. ....	39
2.2.11	Patología Estructural.....	41
2.2.12	Detección y Tratamiento de Patologías en Estructuras en Servicio. ....	57
2.2.13	Marco Normativo y Características de las aguas Residuales. ....	64
CAPÍTULO III.....		67
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		67
3.1	Perspectiva metodológica.....	67
3.2	Tipo de Investigación. ....	67
3.3	Diseño de Investigación. ....	67
3.4	Límites de la Investigación.....	68
3.4.1	Limitación geográfica.....	68
3.4.2	Limitación temporal. ....	68
3.4.3	Limitación temática. ....	68
3.5	Contexto. ....	69
3.6	Unidad de análisis. ....	69
3.6.1	Población y Muestra.....	69
3.7	Métodos y recursos empleados. ....	69
3.7.1	Métodos. ....	69
3.7.2	Recursos empleados. ....	71
3.8	Procedimiento de recolección, procesamiento y análisis de resultados.....	73
3.8.1	Recolección de información.....	73
3.8.2	Procesamiento de datos.....	75

3.8.3	Análisis.....	75
CAPÍTULO IV.....		77
RESULTADOS.....		77
4.1	Evaluación de la infraestructura física del sistema de tratamiento.....	77
4.1.1	Planta de Tratamiento N° 01.....	77
4.1.2	Planta de Tratamiento N° 02.....	95
4.1.3	Planta de Tratamiento N° 03.....	110
4.2	Evaluación operativa del sistema de tratamiento.....	125
4.2.1	Planta de Tratamiento N° 01.....	126
4.2.2	Planta de Tratamiento N° 02.....	128
4.2.3	Planta de Tratamiento N° 03.....	129
DISCUSIÓN.....		131
CONCLUSIONES.....		134
RECOMENDACIONES.....		135
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....		136
ANEXOS.....		139

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> Proyección del caudal de agua residual generada al día.....	1
<b>Tabla 2</b> Cuadro de coordenadas de la PTAR (Datum WGS 84) .....	3
<b>Tabla 3.</b> Matriz de Consistencia .....	8
<b>Tabla 4</b> Operacionalización de Variables. ....	9
<b>Tabla 5</b> Comparación del tratamiento Aerobio y Anaerobio .....	24
<b>Tabla 6.</b> Propiedades físicas de los medios filtrantes de los filtros percoladores .....	31
<b>Tabla 7.</b> Principales ácidos que degradan el Concreto.....	47
<b>Tabla 8.</b> Microorganismos y acciones sobre el concreto .....	55
<b>Tabla 9.</b> Límites máximos permisibles para los afluentes de la PTAR .....	66
<b>Tabla 10.</b> Coordenadas de la Ubicación de la PTAR N 01 .....	78
<b>Tabla 11.</b> Resumen de la Inspección Visual - Desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 01 .....	79
<b>Tabla 12.</b> Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 01 .....	85
<b>Tabla 13.</b> Dimensiones del lecho de secado PTAR - 1 .....	89
<b>Tabla 14.</b> Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 01.....	92
<b>Tabla 15.</b> Dimensiones del filtro biológico - PTAR 01 .....	93
<b>Tabla 16.</b> Resumen de la Inspección Visual – Filtro Biológico - PTAR N° 01 .....	94
<b>Tabla 17.</b> Coordenadas de Ubicación de la PTAR N 02.....	95
<b>Tabla 18.</b> Resumen de la Inspección Visual - desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 02 .....	97
<b>Tabla 19.</b> Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 02 .....	101
<b>Tabla 20.</b> Dimensiones del lecho secado del PTAR - 02.....	104
<b>Tabla 21.</b> Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 02.....	107
<b>Tabla 22.</b> Dimensiones del filtro biológico del PTAR -02 .....	108
<b>Tabla 23.</b> Resumen de la Inspección Visual – Filtro biológico de la PTAR N° 02.....	109
<b>Tabla 24.</b> Coordenadas de la Ubicación de la PTAR 3.....	110
<b>Tabla 25.</b> Resumen de la Inspección Visual - desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 03 .....	112
<b>Tabla 26.</b> Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 03 .....	117
<b>Tabla 27.</b> Dimensiones del lecho de secado del PTAR -03 .....	120



<b>Tabla 28.</b> Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 03.....	122
<b>Tabla 29.</b> Dimensiones del filtro biológico del PTAR -03 .....	123
<b>Tabla 30.</b> Resumen de la Inspección Visual – Filtro Biológico - PTAR N° 03 .....	124

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ubicación y Afluentes a la PTAR .....	2
<b>Figura 2.</b> Estructuras componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales. ....	3
<b>Figura 3.</b> Filtro Biológico de la PTAR N° 02 .....	4
<b>Figura 4.</b> Lecho de Secado de la PTAR N° 03.....	4
<b>Figura 5.</b> conexiones de la PTAR N° 03.....	5
<b>Figura 6.</b> Tanque Imhoff de la PTAR N° 03.....	5
<b>Figura 7.</b> Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales.....	22
<b>Figura 8.</b> Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento..	24
<b>Figura 9.</b> Diagrama de Sistema de Tratamiento del agua residual .....	25
<b>Figura 10.</b> Flujograma de sistemas de tratamiento de aguas residuales .....	25
<b>Figura 11.</b> Cámara de Rejas .....	26
<b>Figura 12.</b> Tanque Imhoff.....	29
<b>Figura 13.</b> Croquis de Flujo .....	34
<b>Figura 14.</b> Lecho de Secado.....	34
<b>Figura 15.</b> Ley de los Cinco.....	41
<b>Figura 16.</b> Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural ...	42
<b>Figura 17.</b> Clasificación de patologías según etapa de origen .....	42
<b>Figura 18.</b> Clasificación de patologías según el origen del agente causante.....	45
<b>Figura 19.</b> Proceso de Carbonatación. ....	50
<b>Figura 20.</b> Esquema de deterioro causado por la carbonatación .....	50
<b>Figura 21.</b> Esquema temperatura, color y daño en el concreto por incendio .....	54
<b>Figura 22.</b> Método de Tres Niveles .....	58
<b>Figura 23.</b> Análisis no destructivo (Nivel 1).....	58
<b>Figura 24.</b> Análisis Destructivo.....	63
<b>Figura 25.</b> Vista panorámica de la PTAR N° 01 .....	78
<b>Figura 26.</b> Vista general del desarenador y la cámara de rejillas .....	80

<b>Figura 27.</b> Vista de las condiciones actuales del desarenador.....	80
<b>Figura 28.</b> Planta del Tanque Imhoff.....	81
<b>Figura 29.</b> Corte del Tanque Imhoff.....	82
<b>Figura 30.</b> Vista del Tanque Imhoff.....	82
<b>Figura 31.</b> Vista de la Eflorescencia en el tanque Imhoff.....	83
<b>Figura 32.</b> Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.....	83
<b>Figura 33.</b> Vista de las Fisuras en el Tarrajeo.....	84
<b>Figura 34.</b> Vista de la estructura expuesta a erosión.....	87
<b>Figura 35.</b> Vista de Tubería de salida al filtro biológico.....	87
<b>Figura 36.</b> Tubería de ingreso al tanque Imhoff.....	88
<b>Figura 37.</b> Medición de sedimentos.....	89
<b>Figura 38.</b> Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 01.....	90
<b>Figura 39.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 01.....	90
<b>Figura 40.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 01.....	90
<b>Figura 41.</b> Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado de la PTAR N° 01.....	91
<b>Figura 42.</b> Vista del filtro biológico de la PTAR N° 01.....	93
<b>Figura 43.</b> Vista panorámica de la PTAR N° 02.....	95
<b>Figura 44.</b> Vista general del desarenador y la cámara de rejillas.....	96
<b>Figura 45.</b> Vista de las condiciones actuales del desarenador.....	96
<b>Figura 46.</b> Vista del Tanque Imhoff.....	98
<b>Figura 47.</b> Vista de la Eflorescencia en el tanque Imhoff.....	99
<b>Figura 48.</b> Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.....	99
<b>Figura 49.</b> Vista de la Fisuras en el Tarrajeo (a, b, c y d).....	100
<b>Figura 50.</b> Vista de la estructura expuesta a erosión.....	103
<b>Figura 51.</b> Vista de Tubería de salida al filtro biológico.....	103
<b>Figura 52.</b> Tubería de ingreso al lecho de secado.....	103
<b>Figura 53.</b> Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 02.....	105
<b>Figura 54.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 02.....	105

<b>Figura 55.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 02.....	105
<b>Figura 56.</b> Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado de la PTAR N° 01.....	106
<b>Figura 57.</b> Vista del Filtro Biológico de la PTAR N° 02.....	108
<b>Figura 58.</b> Vista panorámica de la PTAR N° 03 .....	110
<b>Figura 59.</b> Vista general del desarenador y la cámara de rejillas .....	111
<b>Figura 60.</b> Vista de las condiciones actuales del desarenador.....	111
<b>Figura 61.</b> Vista del Tanque Imhoff .....	114
<b>Figura 62.</b> Vista de la Eflorescencia en el tanque Imhoff.....	114
<b>Figura 63.</b> Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.....	114
<b>Figura 64.</b> Vista de las Fisuras en el Tarrajeo .....	115
<b>Figura 65.</b> Vista de la estructura expuesta a erosión. ....	118
<b>Figura 66.</b> Tubería de salida al Lecho de Secado.....	118
<b>Figura 67.</b> Vista de Tubería de salida al filtro biológico .....	119
<b>Figura 68.</b> Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 03.....	120
<b>Figura 69.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 03.....	120
<b>Figura 70.</b> Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 03.....	121
<b>Figura 71.</b> Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado.....	121
<b>Figura 72.</b> Vista del Filtro Biológico de la PTAR N° 03.....	123
<b>Figura 73.</b> Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5).....	125
<b>Figura 74.</b> Demanda química de oxígeno (DQO) .....	125
<b>Figura 75.</b> Potencial de Hidrogeno (PH) .....	126
<b>Figura 76.</b> Coliformes termotolerantes .....	126
<b>Figura 77.</b> Vista de la Extracción de muestra del afluente de la PTAR N° 01.....	127
<b>Figura 78.</b> Vista de la Extracción de muestra del Efluente de la PTAR N° 01 .....	127
<b>Figura 79.</b> Muestras extraídas de la PTAR N° 01 .....	127
<b>Figura 80.</b> Resultados del Efluente de la PTAR N° 01 y LMP.....	128
<b>Figura 81.</b> Muestreo del Efluente de la PTAR N° 02.....	128
<b>Figura 82.</b> Resultados del Efluente de la PTAR N° 02 y LMP.....	129

<b>Figura 83.</b> Resultados del Efluente de la PTAR N° 03 y LMP.....	129
<b>Figura 84.</b> Resultados del Efluente de la PTAR N° 03 y LMP.....	130
<b>Figura 85.</b> Porcentaje de remoción DBO <sub>5</sub> .....	132
<b>Figura 86.</b> Porcentaje de remoción DQO.....	133
<b>Figura 87.</b> Porcentaje de remoción PH.....	133

## RESUMEN

En la presente investigación se evaluó el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba del departamento de Áncash, con el propósito de verificar las patologías estructurales del concreto presentes en las estructuras, la operación de sistema de tratamiento y la verificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos comprobando con los límites máximos permisibles.

Para el estudio patológico se recopiló la información de campo con fichas técnicas basadas en los principios del ACI 201.1R-08.

El diagnóstico patológico de estructuras de concreto en servicio se realizó con el Nivel 1, basado en el análisis no destructivo, del método de tres niveles adaptado del método de estabilidad de cauces propuesto por el Instituto Nacional de Carreteras de estados unidos; determinándose que la infraestructura física del sistema de tratamiento se encuentra en condiciones operativas.

Con la evaluación operacional del sistema se determinó que las instalaciones sanitarias, y los elementos filtrantes del lecho de secado y el filtro biológico son deficientes.

De los resultados del análisis de laboratorio se determinó que el DBO<sub>5</sub>, DQO, PH y Coliformes termotolerantes se encuentran dentro de los límites máximos permisibles (LMP) establecidos en los estándares de calidad ambiental (ECA).

**Palabras Claves:** Aguas residuales, patologías estructurales, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno.

## ABSTRACT

In the present investigation, the wastewater treatment system of the city of Pomabamba in the department of Ancash was evaluated, with the purpose of verifying the structural pathologies present in the structures, the operation of the treatment system and the verification of the physical parameters, chemical and biological checking with the maximum permissible limits. For the pathological study, the compilation of field information was done with technical sheets based on the principles of ACI 201.1R-08 "Guide for Conducting a visual inspection of concrete in service".

For the pathological study, the field information was compiled with technical sheets based on the principles of ACI 201.1R-08.

The pathological diagnosis of concrete structures in service was made with Level 1, based on the non-destructive analysis, of the three-level method adapted from the channel stability method proposed by the National Road Institute of the United States; determining that the physical infrastructure of the treatment system is in operational conditions.

With the operational evaluation of the system it was determined that the sanitary facilities, and the filter elements of the drying bed and the biological filter are deficient.

From the results of the laboratory analysis, it was determined that BOD5, CQO, PH and thermotolerant coliforms are within the maximum permissible limits (LMP) established in the environmental quality standards (ECA).

**Keywords:** Residual water, structural pathologies, Biochemical Oxygen Demand, Chemical Oxygen Demand.

## INTRODUCCIÓN

Las patologías estructurales en este tipo de estructuras son muy comunes, lo que inspira a desarrollar la presente investigación con el fin de evaluar las patologías estructurales y no estructurales; por otro lado, las condiciones actuales de liberación de las aguas residuales al cuerpo receptor son deficientes, ocasionando daños a la salud pública y el ecosistema acuático.

Para el estudio patológico de estructuras en servicio, se realizó la recopilación de información de campo con fichas técnicas basadas en los principios del ACI 201.1R-08 “Guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio”

El diagnóstico patológico de estructuras de concreto en servicio se realizó con el método de tres niveles, adaptado del método de estabilidad de cauces del Instituto Nacional de Carreteras de los estados unidos, conformado por los siguientes niveles:

**Nivel 1** basado en el análisis no destructivo.

**Nivel 2** basado en el análisis destructivo.

**Nivel 3** basado en análisis de laboratorios especializados.

En la presente investigación, se enfatizó solamente el **nivel 1**

Para la verificación de los parámetros físicos, químicos y biológicos se realizaron análisis de los afluentes de la PTAR en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo, y los resultados serán comparados con los límites máximos permisibles.



El trabajo está estructurado de la siguiente manera:

En el Capítulo I Planteamiento de la Investigación, se plantea la situación problemática, formulación del problema, hipótesis y variables, definición de términos, objetivos de la investigación y antecedentes de la investigación.

El Capítulo II. Base Teórico y Conceptual, donde se presenta toda la base teórica aplicado para la siguiente investigación.

El Capítulo III. Metodología de la Investigación, contiene perspectiva metodológica y tipo de investigación, límites de la investigación, contexto y unidad de análisis, métodos y recursos empleados, y el procedimiento de recolección y análisis de datos.

El Capítulo IV Resultados, en este capítulo se muestra los resultados a las cuales se llegaron con esta investigación.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Situación Problemática

Según el reporte del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) del año 2012, de los 50 EPS saneamiento que brindan el servicio de alcantarillado, se brinda cobertura solamente al 69.65% de la población urbana. además, la cantidad de agua residual generada al día por una persona en la zona Sierra es de 144 litros por día y pronostican que en el año 2024 el Perú generará más del doble de aguas residuales que manejan los EPS, con la estadística detallada en la **Tabla 1**.

**Tabla 1**  
*Proyección del caudal de agua residual generada al día*

Año	Aguas Residuales (m <sup>3</sup> /día)
2012	2 217 946
2024	4 842 579

Fuente: EOFA (2012)

Hasta antes del año 2008 todas las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba se vertían de una manera descontrolada sin previo tratamiento al río del mismo nombre,

generando altos índices de contaminación bacteriana, limitando el uso de estas Aguas para fines productivos, atentando contra la vida acuática y la calidad del mencionado Río

La ciudad de Pomabamba en el año 2007 fue beneficiario de una obra de saneamiento del fondo ÍTALO PERUANO, en el cual se ejecutó la línea de conducción, aducción y distribución, una planta de tratamiento de agua potable en el sector Haya Hamanan; redes colectoras y emisoras de aguas residuales, de la misma forma se construyeron 3 unidades de plantas de tratamiento de aguas residuales; haciéndose entrega a la municipalidad en marzo del 2008 y puesta en funcionamiento de inmediato.

Una vez hecho la recepción y puesta en operación, las aguas residuales eran tratadas previamente para su posterior emisión al cauce del río. Por lo tanto, la ciudad de Pomabamba en 2008 contaba con tres plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) ubicadas estratégicamente para abastecer los barrios de cañarí, Vista Florida, convento y Yanapampa como se observa en la **Figura 1**.



**Figura 1.** Ubicación y Afluentes a la PTAR

Fuente: Google Earth

**Tabla 2**  
*Cuadro de coordenadas de la PTAR (Datum WGS 84)*

Descripción	Este (m)	Norte (m)	Elevación (m)
PTAR N° 01	229431	9023650	2905
PTAR N° 02	229224	9023939	2925
PTAR N° 03	228952	9024328	2926

El sistema de tratamiento de aguas residuales cuenta con las estructuras mostradas en la **(Figura 2)**.



**Figura 2.** Estructuras componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales.

1. Cámara de rejjas.
2. Tanque Imhoff.
3. Lecho de Secado.
4. Filtro Biológico.

La falta de un plan de operación y mantenimiento, la antigüedad de las estructuras en servicio y la falta de un EPS en la provincia; son los factores que detonan la realidad actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

En la actualidad los tres sistemas de tratamiento de aguas residuales de la provincia se encuentran en un estado de deterioro y abandono por parte de las autoridades; por lo tanto, estas estructuras ya no cumplen las funciones adecuadas para las cuales fueron diseñadas, y las aguas residuales efluentes se estarían liberando con altos índices de contaminación al cauce del río, tal como se presentan en la **Figura 3**, **Figura 4**, **Figura 5** y **Figura 6**.



*Figura 3.* Filtro Biológico de la PTAR N° 02



*Figura 4.* Lecho de Secado de la PTAR N° 03



*Figura 5.* conexiones de la PTAR N° 03



*Figura 6.* Tanque Imhoff de la PTAR N° 03

## **1.2 Formulación del Problema**

### **1.2.1 General**

¿En qué condiciones se encuentra el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba - Áncash?

### **1.2.2 Específicos**

- a. ¿En qué condiciones se encuentra la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales?
- b. ¿En qué condiciones se encuentra la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales?
- c. ¿habrá propuestas de solución que ayuden a mejorar o mitigar las falencias encontradas en el buen desempeño del sistema de tratamiento de aguas residuales?

## **1.3 Justificación**

Una de las razones para desarrollar la presente investigación es, la importancia del agua, por ser una sustancia indispensable para la supervivencia de los seres vivos.

Los seres humanos al satisfacer las necesidades fisiológicas generamos desechos, quienes irán a conformar las aguas residuales y los cuales son liberados generalmente al curso de un río, quien alberga un ecosistema propio de vida acuática. Razón por la cual, las aguas residuales de las ciudades deberán ser procesadas y/o tratadas reduciendo los factores contaminantes para su posterior vertimiento hacia un cauce del río para no alterar el ecosistema acuático.

Un sistema de tratamiento de aguas residuales de alta eficiencia, es garantía de un alto nivel de salud de la población en general, pues al disminuir sustancialmente las cargas de materia orgánica y sustancias contaminantes que en forma permanente se están arrojando a

las fuentes hídricas, automáticamente se están controlando una serie de enfermedades, que redundan en la disminución de inversiones adicionales en la salud y contribuyen al mejoramiento de la calidad de vida; del mismo modo, se mejoran las condiciones ambientales dando lugar el desarrollo normal de la vida acuática; se pueden aprovechar muchas zonas con alto potencial turístico y también favorece la parte económica al reducir en forma considerable los altos costos de potabilización del agua para consumo humano.

La ciudad de Pomabamba actualmente cuenta con tres sistemas de tratamiento de aguas residuales que están en servicio desde el año 2008, pero, los mencionados sistemas de tratamiento se encuentran en un estado de deterioro; en consecuencia, las aguas liberadas al cauce del río Pomabamba en los tres puntos de emisión de las PTAR's serían los vectores de contaminación para el ecosistema acuático y la población en general.

Con la presente investigación se busca despertar el interés de las instituciones involucradas como la Autoridad Local del Agua (ALA) y la Municipalidad provincial Pomabamba.

## **1.4 Hipótesis y Variables**

### **1.4.1 Hipótesis.**

El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba es ineficiente en cuanto al funcionamiento hidráulico y sanitario.

### **1.4.2 Variables**

Funcionamiento hidráulico y sanitario del sistema de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba.



### 1.4.3 Matriz de Consistencia.

**Tabla 3.**  
*Matriz de Consistencia*

<b>PROBLEMA</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>OBJETIVOS</b>
<p><b>General:</b></p> <p>¿En qué condiciones se encuentra el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba - Áncash?</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p>a. ¿En qué condiciones se encuentra la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales?</p> <p>b. ¿En qué condiciones se encuentra la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales?</p> <p>c. ¿habrá propuestas de solución que ayuden a mejorar o mitigar las falencias encontradas en el buen desempeño del sistema de tratamiento de aguas residuales?</p>	<p><b>General:</b></p> <p>El sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba es ineficiente en cuanto al funcionamiento hidráulico y sanitario.</p>	<p><b>General:</b></p> <p>Evaluar el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba del departamento de Áncash.</p> <p><b>Específicos:</b></p> <p><b>a.</b> Evaluar la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales.</p> <p><b>b.</b> Evaluar la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.</p> <p><b>c.</b> Proponer posibles soluciones que ayuden a mejorar o mitigar las falencias encontradas en el buen desempeño del sistema de tratamiento de aguas residuales.</p>

### 1.4.4 Operacionalización de Variables.

**Tabla 4**  
*Operacionalización de Variables.*

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEM	ÍNDICE
<p><b>Variable:</b></p> <p>Funcionamiento hidráulico y sanitario del sistema de Tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba</p> <p><b>Definición Operacional:</b></p> <p>Comprende el conjunto de indicadores físico – descriptivos del funcionamiento de los componentes estructurales, sanitarios e hidráulicos, que van a permitir evaluar las tres unidades de sistemas de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba.</p>	<p><b>Patologías estructurales</b> de la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>Alineamiento general de las estructuras.</p>	- Distorsiones	- En planta. - En elevación.
			- Deflexiones. - Expansión. - Contracción.	Descripción Visual detallada.
		<p>Condiciones de la superficie del concreto.</p>	- Fisuras.	- Localización y frecuencia. - Mapeo de fallas. - Ancho y modelo.
			- Descascaramiento.	- Área. - Profundidad. - Tipo.
			- Erosión.	- Abrasión. - Cavitación.
			- Corrosión.	- Concreto. - Acero.
	<p>Funcionamiento hidráulico y Sanitario</p>	<p>Operación eficiente de las estructuras que componen el sistema de tratamiento.</p>	- Desarenador y Cámara de Rejas. - Tanque Imhoff. - Lecho de Secado. - Filtro Biológico.	<p>Los Ítems serán medidos con respuestas SI o NO, y descritos detalladamente.</p>
			<p>Operación eficiente de los equipos y conexiones que componen el sistema de tratamiento</p>	
		<p>Características física - visuales de las aguas residuales del Efluente.</p>	- Coliformes. - pH. - Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). - Demanda química de oxígeno (DQO).	<p>Los Ítems serán medidos en sus unidades correspondientes.</p>

## 1.5 Definición de Términos

### ✓ **Adsorción.**

Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido (RNE 2006).

### ✓ **Absorción.**

Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión (RNE 2006).

### ✓ **Aireación.**

Proceso de transferencia de oxígeno del aire al agua por medios naturales (flujo natural, cascadas, etc.) o artificiales (agitación mecánica o difusión de aire comprimido) (RNE 2006).

### ✓ **Agua residual.**

Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión (RNE 2006).

### ✓ **Biodegradación.**

Transformación de la materia orgánica en compuestos menos complejos, por acción de microorganismos (RNE 2006).

### ✓ **Coagulación.**

Aglomeración de partículas coloidales (< 0,001 mm) y dispersas (0,001 a 0,01 mm) en coágulos visibles, por adición de un coagulante. (RNE 2006)

### ✓ **Coliformes.**

Bacterias Gram negativas no esporuladas de forma alargada capaces de fermentar lactosa con producción de gas a 35 +/- 0.5°C (Coliformes totales). Aquellas que tienen las

mismas propiedades a  $44,5 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ , en 24 horas, se denominan Coliformes fecales (ahora también denominados Coliformes termo tolerantes) (RNE 2006).

✓ **Afluente.**

Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento (RNE 2006).

✓ **Efluente.**

Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

✓ **Digestión anaerobia.**

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en ausencia del oxígeno.

✓ **Digestión aerobia.**

Descomposición biológica de la materia orgánica del lodo, en presencia del oxígeno

✓ **Emisor.**

Canal o tubería que recibe las aguas residuales de un sistema de alcantarillado hasta una planta de tratamiento o de una planta de tratamiento hasta un punto de disposición final.

✓ **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO).**

Cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para la estabilización de la materia orgánica bajo condiciones de tiempo y temperatura específicos (generalmente a 5 días y  $20^{\circ}\text{C}$ ).

✓ **Demanda química de oxígeno (DQO).**

Medida de la cantidad de oxígeno requerido para la oxidación química de la materia orgánica del agua residual, usando como oxidantes sales inorgánicas de permanganato o dicromato de potasio.

## **1.6 Objetivos de la Investigación**

### **1.6.1 Objetivo General.**

Evaluar el sistema de tratamiento de las aguas residuales de la ciudad de Pomabamba del departamento de Áncash.

### **1.6.2 Objetivos Específicos.**

- a. Evaluar la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- b. Evaluar la operación del sistema de tratamiento de aguas residuales.
- c. Proponer posibles soluciones que ayuden a mejorar o mitigar las falencias encontradas en el buen desempeño del sistema de tratamiento de aguas residuales.

## **1.7 Antecedentes de la Investigación**

### **Antecedentes Nacionales.**

En el año 2008, la SUNASS (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento) realiza un análisis de la situación del tratamiento de las aguas residuales manejadas por las empresas prestadoras de servicios de saneamiento (EPS), donde se identificaron las debilidades del sector saneamiento respecto al tratamiento de aguas residuales y se recomendaron propuestas de mejora.

Transcurridos 7 años y habiendo invertido aproximadamente 21.000 millones de soles por parte del ente rector, en la mejora de la infraestructura de agua potable y alcantarillado entre los años 2007-2013 según información del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS, 2014), la SUNASS vio por conveniente contar con información actualizada del estado de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) operadas en el ámbito de las EPS (SUNASS 2015).

En setiembre del 2015, la SUNASS presenta propuestas de mejoras a las deficiencias encontradas en las 204 PTAR estudiadas del ámbito de dominio de las EPS verificadas in situ; dentro de los cuales 163 estaban en operación, 32 unidades en construcción y 9 unidades paralizadas.

El presente estudio contiene un resumen de la cobertura del servicio de tratamiento de aguas residuales, en el que se aprecia desigualdad en la cobertura de tratamiento de aguas residuales de la capital con relación al resto del país; además, 89 localidades administradas por las EPS no cuentan con PTAR.

El estudio también presenta estadísticas de las diferentes tecnologías de tratamiento en las PTAR; se ha evidenciado que la tecnología del tratamiento secundario por lagunas facultativas es la más aplicada en el Perú (100 PTAR). En general, la tecnología de lagunas de estabilización (lagunas anaerobias, facultativas) sin sistemas de aireación representa el 75% de todas las PTAR.

Los principales desafíos encontrados en el diagnóstico de las PTAR son los siguientes:

Respecto al marco normativo: falta de autorización para el vertimiento o reúso (más de 90%), valores de estándares de calidad ambiental (ECA Agua) muy estrictos, falta de lugares autorizados para la disposición final de lodos y residuos sólidos de las PTAR y falta de regulación en el manejo de lodos para reúso agrícola.

- ✓ Respecto al diseño y construcción de las PTAR: fallas de construcción y equipamiento insuficiente, como falta de medidores de caudal del afluente y efluente, falta de rejas y desarenadores, así como de bypass en las unidades de tratamiento.

- ✓ Respecto a la selección de las alternativas tecnológicas: falta de capacidad para cubrir los elevados costos de operación y mantenimiento de tecnologías avanzadas, falta de edificios de operación, talleres, almacenes, laboratorios, cercos perimétricos y servicios higiénicos, así como de saneamiento legal del terreno y seguridad pública en las PTAR.
  
- ✓ Respecto a la operación y el mantenimiento: falta de remoción de lodos del 50% de las PTAR de tipo lagunas de estabilización, sobrecarga orgánica o sobrecarga hidráulica en el 50% del total de las PTAR, falta de manuales y de programas adecuados de operación, mantenimiento y monitoreo, falta de personal capacitado, de equipamiento y de recursos financieros necesarios.

Estas son algunas de las conclusiones a las cuales se llega en la investigación por la (SUNASS 2015). Cabe recalcar que en esta investigación las muestras de análisis fueron solamente las PTAR administrados por las EPS; pero, a nivel nacional tenemos PTAR administrados por las municipalidades, JASS, etc.

### **Antecedentes Internacionales.**

En Colombia el año 2014, se llegan a las siguientes conclusiones.

- ✓ Se realizó la evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Municipio de Puente Nacional Santander de acuerdo a la metodología propuesta, iniciando con la visita técnica, que ha permitido la observación de su estructura física, dejando en evidencia una serie de irregularidades que impiden su adecuado funcionamiento.

- ✓ La observación y análisis de los procesos permitieron identificar los puntos críticos por los cuales la planta presenta bajo rendimiento en los procesos de remoción de la materia orgánica.
  
- ✓ Se tomaron las muestras en diferentes puntos de la planta, comparando los resultados de los análisis de laboratorio con el decreto 1594/84, verificándose el incumplimiento de los parámetros mínimos exigidos.

El diagnóstico realizado y los resultados de los análisis de laboratorio han sido la base para la formulación de recomendaciones y alternativas teóricas de acuerdo a las normas ambientales, para el mejoramiento del proceso de tratamiento (Caro, 2002, pág. 99).



## **CAPÍTULO II**

### **BASE TEÓRICA Y CONCEPTUAL**

#### **2.1 Base Teórica.**

#### **2.2 Marco Conceptual.**

##### **2.2.1 Definición de aguas residuales.**

Las aguas residuales son aquellas aguas que sus características físico químicas han sido alteradas por las actividades propias del ser humano (antropogénicas) y que por la calidad que presentan se requiere de un tratamiento previo, antes del vertimiento a un cuerpo receptor o reúso en los distintos sistemas de riego permitidos por las normas.

Las aguas residuales domésticas son los líquidos derivados de las viviendas o residencias, edificios comerciales e instituciones. Se denominan aguas negras a aquellas provenientes de inodoros y acarrear primordialmente excremento humano y orina; esta es la razón de la contribución con materia orgánica (DBO), sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales (Romero, 2002, pág. 1244).

Las aguas grises son las aguas residuales derivadas de las tinas, duchas, lavamanos y lavadoras; quienes contribuyen con DBO, fósforo, sólidos suspendidos y grasas.

Los principales residuos domésticos que aportan materia orgánica a las aguas residuales provienen de la evacuación de los residuos y manipulaciones de cocinas

(desperdicios, arenas de lavado, residuos animales y vegetales, detergentes y partículas), de lavados servicios (jabones, detergentes, sales, entre otros) y de la actividad general de las viviendas (celulosa, almidón, glucógeno, insecticidas, partículas orgánicas, entre otros) (Baez, 1995).

El agua residual es aquella agua que ha sido usada por una comunidad o industria que contiene material orgánico e inorgánico disuelto o en suspensión (RNE, OS.090).

### **2.2.2 Clasificación de las aguas residuales.**

El Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reúso de Aguas Residuales Tratadas clasifica a las aguas residuales de la siguiente forma:

#### **Aguas residuales domésticas.**

Son aquellas de origen residencial, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros, provenientes de la actividad humana (preparación de alimentos, aseo personal) y deben ser dispuestos adecuadamente.

#### **Aguas residuales industriales.**

Son aquellas aguas residuales que son producto del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.

#### **Aguas residuales municipales.**

Son las aguas residuales domésticas que bajo este concepto pueden estar mezclados con las aguas del sistema de drenaje pluvial, de la misma forma, estas aguas pueden estar mezclados con las aguas de origen industrial, siempre y cuando las aguas residuales industriales cumplan con las normas para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

### **2.2.3 Tratamiento de Agua Residuales.**

El tratamiento de aguas residuales está basado en una cadena de procesos físicos, químicos y biológicos cuya finalidad es la depuración de los agentes contaminantes presentes en el agua afluyente generada por el ser humano en el desarrollo de sus actividades cotidianas.

### **2.2.4 Objetivos de tratamiento del tratamiento de aguas residuales.**

Según los estudios de caracterización de las aguas residuales se ha llegado a la conclusión de que un ser humano libera una materia fecal húmeda de 80 a 270 gr/persona/día, de la misma forma, la cantidad de orina es de 1 a 1.3 kg/persona/día y que un 20% de la materia fecal y 2.5% de la orina son material orgánico putrescible (Romero, 2002).

Por lo tanto, las aguas residuales crudas son putrescibles, con olores fuertes y un riesgo para la salud por ser un vector de contaminación; estas aguas, al ser liberadas sin previo tratamiento degradan la calidad del agua receptora, del aire y el suelo disminuyendo la calidad y aptitud para los usos benéficos por parte del hombre.

En general, a lo largo de la historia se plantearon varios objetivos y mejoras a través del tiempo. El objetivo que se plantearon hasta los años 70 estaban relacionados con.

- Eliminación de la materia en suspensión y los flotantes.
- Tratamiento de la materia orgánica biodegradable.
- Eliminación de los organismos patógenos.

La experiencia adoptada en los estados unidos, bajo estos objetivos no cumplía uniformemente con las características deseadas, prueba de ello es un gran número de plantas que seguían vertiendo aguas parcialmente tratadas.

La base de información de los avances científicos se empezó a centrarse en los problemas de salud relacionados con la descarga del medio ambiente desde los años 1980; de la misma forma, se mantuvieron los objetivos relacionados a la mejora de la calidad del agua poniéndose más énfasis en la determinación y eliminación de sustancias tóxicas que pueden ser responsables de los problemas sanitarios a largo plazo (Metcalf y Eddy 1995,138).

Por lo tanto, el objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud y promover el bienestar de los individuos miembros de la sociedad, este objetivo se logra mediante la integración de operaciones (físicas) y procesos (químicos y biológicos), que serán seleccionados en función de las características del agua residual a tratar y de la calidad deseada del agua tratada.

Dependiendo de ello, es posible generar emisiones gaseosas a la atmósfera e invariablemente, la producción de material de desecho que puede ser un residuo sólido, como la materia retenida en las rejillas o tamices, o semisólido en forma de lodos.

Según el RNE 2009, el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es mejorar su calidad para cumplir con las normas de calidad del cuerpo receptor o las normas de reutilización.

#### **2.2.5 Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales.**

Las aguas residuales recogidas en las comunidades deben ser conducidas, en última instancia, a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. La compleja pregunta acerca de los contaminantes contenidos en el agua residual y el nivel al cual deberán ser eliminados para proteger el ecosistema del entorno afectado, requiere una respuesta específica en cada caso concreto. Para establecer dicha respuesta es preciso analizar las condiciones y necesidades locales en cada caso, y aplicar tanto los conocimientos científicos como la

experiencia previa de ingeniería, respetando la legislación y las normas reguladoras de la calidad del agua existentes (Metcalf y Eddy 1995,2).

La selección de un proceso de tratamiento de aguas residuales, o de la combinación adecuada de ellos, depende principalmente de:

- ✓ Las características del agua residual: DBO, materia en suspensión, PH, productos tóxicos.
- ✓ La cantidad requerida del efluente:
- ✓ La disponibilidad del terreno:
- ✓ Los costos de construcción y operación del sistema de tratamiento.
- ✓ La confiabilidad del sistema de tratamiento.

El tratamiento de aguas residuales comúnmente es llevado a cabo por medio de diferentes etapas que disminuyen el grado de contaminación en relación con la cantidad de materia orgánica; básicamente son llevados a cabo procedimientos físicos, biológicos y químicos, que constituyen las tres principales etapas de los sistemas de tratamiento (Rubens, S. Romalho 1996).

De acuerdo a la ley de conservación de la materia, la materia no se crea ni se destruye, solamente se transforma. Por lo tanto, al eliminar la materia contaminante de las aguas residuales, éste solamente se transforma por el principio anteriormente descrito produciéndose residuos tales como los lodos, emisión de gases. La calidad y cantidad de estos residuos dependen básicamente de las características presentadas por el agua residual en tratamiento, y también interviene en gran parte la configuración de la tecnología de tratamiento empleado.

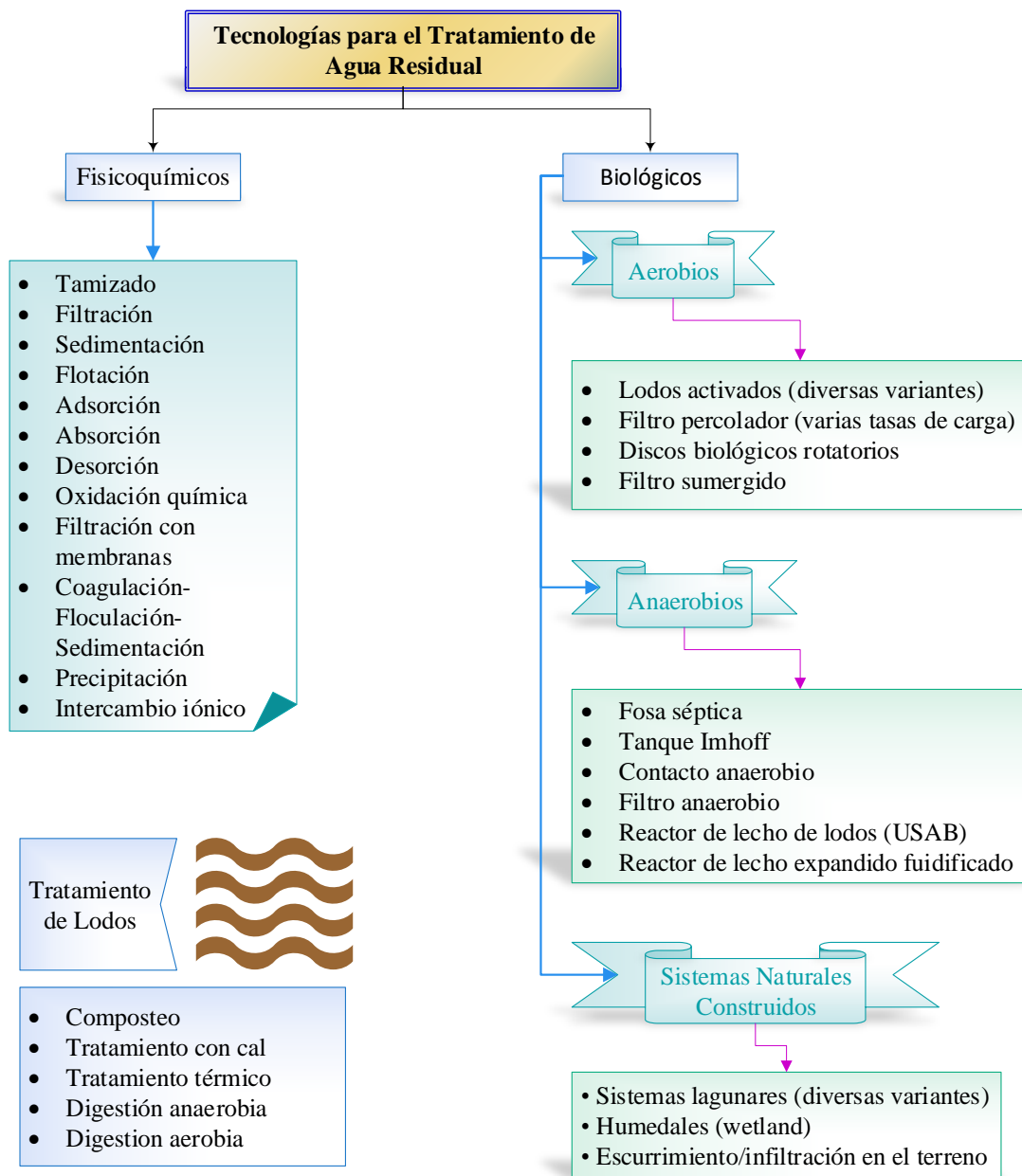
Como tecnologías de tratamiento, se tiene un abanico de posibilidades para la elección, como las presentadas en la **Figura 7**, donde se aprecia la subdivisión en dos grupos bien definidos, como los sistemas de tratamiento fisicoquímicos y los sistemas de tratamiento biológicos.

Los sistemas de tratamiento fisicoquímicos se realizan por la combinación de los procesos físicos por acción de la gravedad, filtración, fuerza electrostática; mientras que los procesos químicos por medio de la coagulación, absorción, oxidación de la materia y precipitación, etc. Este último implica la transformación de la materia orgánica gracias a la intervención de los microorganismos en la estabilización de lodos.

Por otro lado, encontramos los procesos de tratamiento biológicos que nos permite la aplicación de los procesos aerobios y anaerobios. Como un tercer método de tratamiento para este tipo de tecnología son los sistemas naturales de tratamiento construidos por el ser humano, en estos procesos se aprovechan las modificaciones que se desarrollan en procesos naturales; un ejemplo de este sistema de tratamiento son los denominados humedales artificiales, donde la descarga de las aguas residuales se realiza de manera directa al suelo.

Los procesos de tratamiento biológicos como el sistema aerobio y anaerobio se clasifican en varios sub grupos como se muestra en la **Figura 7**.

Según la ley de conservación de la masa o “Ley de Lomonosov - Lavoisier”, la materia no se crea ni se destruye solo se transforma, donde la masa de un sistema permanece invariable cualquiera sea la transformación que ocurra dentro de él; haciendo énfasis a este concepto ocurre algo similar dentro de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, donde la materia residual generada como producto del proceso es el lodo estabilizado, el cual se deberá disponer de una manera adecuada.



**Figura 7.** Clasificación esquemática de los procesos para el tratamiento las aguas residuales

**Fuente:** Noyola et al.

En la **Figura 7** se presentan cinco sistemas de tratamiento de lodos (biológicos y fisicoquímicos) los cuales deben ser integrados con los sistemas de tratamiento de agua residual dentro de lo que se denomina el tren integral de tratamiento de aguas residuales de agua y lodos (Noyola, Morgan, & Patricia, 2013).

En el esquema de la **Figura 8** se presenta las fases de transformación de la energía química presentada en la materia orgánica según el proceso de tratamiento (aerobio o

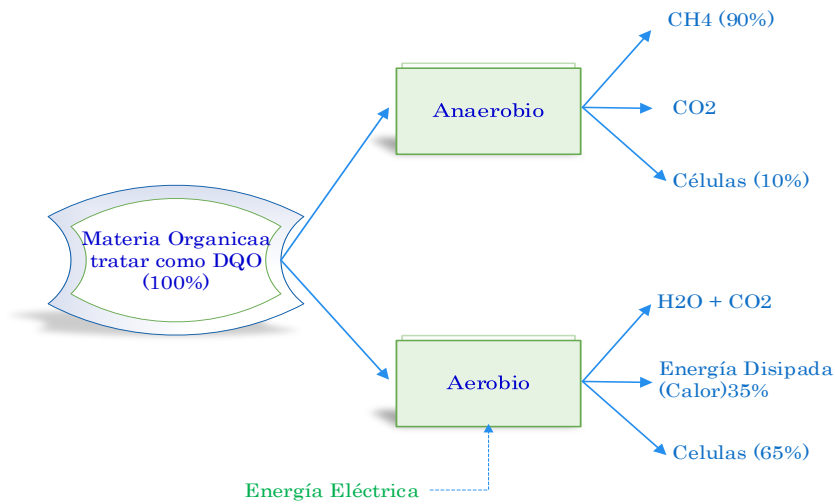
anaerobio). En el sistema aerobio, el 65% se transforma en células nuevas, comúnmente conocido como lodo mediante el proceso de digestión (energía de anabolismo); mientras que la disipación del 35% es producto de la liberación de energía (energía de catabolismo). El lodo obtenido como producto del proceso de tratamiento aerobio deberá ser procesado y estabilizado previamente antes de su disposición final, lo cual genera sobrecostos adicionales.

Por otro lado, por el sistema anaerobio, el 90% de la energía contenida se puede encontrar en moléculas del gas combustible denominado metano (fuente de energía). El 10% de la energía de sustrato se transforma en lodo, lo cual representa una gran ventaja sobre los sistemas aerobios pues hay hasta seis veces menos masa de lodos que tratar y disponer, lo que reduce significativamente los costos asociados a estos requerimientos.

La ventaja de los sistemas aerobios frente a los anaerobios es la calidad del efluente generado permitiendo cumplir con los estándares de calidad ambiental.

Una configuración del sistema de tratamiento de aguas residuales que considere en primera instancia un sistema anaerobio y en segunda un sistema aerobio acarrea ventajas económicas, sobre todo en lo referente a la operación y mantenimiento, sobre una opción solamente aerobia. El sistema anaerobio removerá alrededor de un 65% de la materia orgánica del agua residual sin requerimientos de energía para aireación; el resto de materia orgánica lo terminará de remover el sistema aerobio, produciendo agua con excelente calidad, y todo ello con una menor producción de lodos de desecho y un biogás que podría ser utilizado en la misma planta. (Noyola et al, 2013).





**Figura 8.** Esquema del flujo de energía contenida en el sustrato en función del tipo de tratamiento

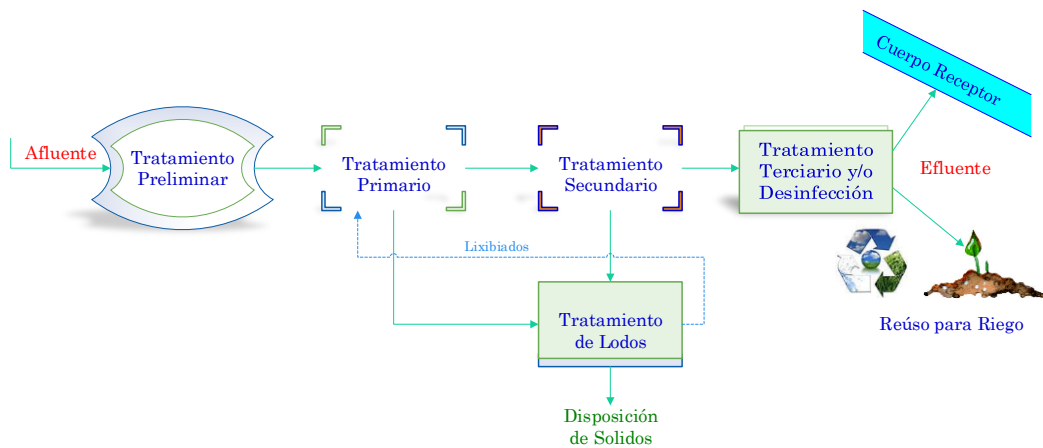
**Fuente:** Noyola et al.

**Tabla 5**  
*Comparación del tratamiento Aerobio y Anaerobio*

Anaerobio	Aerobio
- Menor eficiencia en remoción.	- Mayor eficiencia en remoción.
- Lodo producido en porcentajes menores.	- Porcentajes elevados de lodo producido.
- El lodo obtenido es un lodo estabilizado.	- El lodo obtenido es un lodo no estabilizado.
- Menor costo de operación y mantenimiento.	- Mayores costos en operación y mantenimiento.
- Bajo consumo de energía.	- Alto consumo de energía.
- No se requiere aporte de O <sub>2</sub> para la aireación.	- Se requiere aporte de O <sub>2</sub> para la aireación.
- Largo periodo de arranque.	- Cortos periodos de arranque.
- Se requiere pequeña área superficial	- Necesidad de grandes extensiones de terreno.

### 2.2.6 Diagrama de Sistema de Tratamiento del agua residual.

El sistema de tratamiento de aguas residuales involucra una serie de procedimientos, cada uno de gran importancia en el proceso de depuración. Dependiendo de las plantas de tratamiento de aguas residuales las etapas pueden variar ligeramente; sin embargo, en la mayoría de estas el proceso realizado es el descrito en la **Figura 9**.



**Figura 9.** Diagrama de Sistema de Tratamiento del agua residual

### 2.2.7 Etapas del Proceso de Tratamiento de Aguas Residuales.

Como se ha mencionado anteriormente los sistemas de tratamiento pueden integrarse de acuerdo a la calidad del afluente que se desee para lograr los parámetros mínimos medioambientales.



**Figura 10.** Flujoograma de sistemas de tratamiento de aguas residuales

**Fuente:** Noyola et al.

Entre las etapas de tratamiento de aguas residuales tenemos:

#### 2.2.7.1 Tratamiento preliminar de aguas residuales.

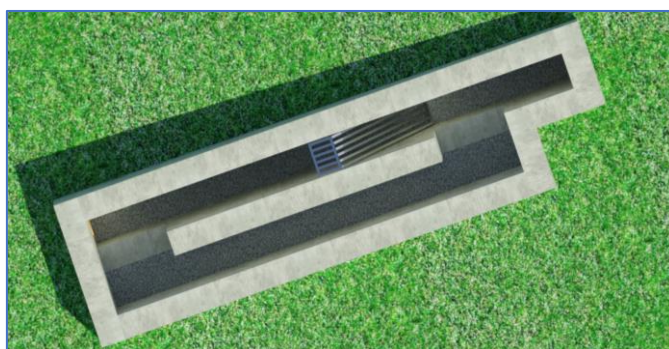
El tratamiento preliminar dentro de un sistema de tratamiento pertenece a la primera fase que se orienta al proceso de retención o eliminación de los agentes que pudieran

perjudicar la eficiencia de los componentes de la planta de tratamiento; entre ellos: los elementos estructurales, equipos mecánicos y las conexiones sanitarias; preparando de esta manera el agua residual para el tratamiento subsiguiente.

En otros términos, el tratamiento preliminar está destinada a la retención de materiales flotantes, grasas, partículas pesadas (arena), etc. Entre los principales componentes estructurales empleados en esta fase de tratamiento son los siguientes.

**a. Cámara de Rejas.**

Las cámaras de rejas son estructuras destinadas a la remoción o cribado del material grueso, generalmente elementos flotantes, contenido en el agua residual, que puede obstruir o dañar los equipos electromecánicos e instalaciones sanitarias de la planta de tratamiento o intervenir en la eficiencia de las distintas fases de tratamiento.



*Figura 11.* Cámara de Rejas

**b. Desarenador.**

Los desarenadores son estructuras hidráulicas instaladas después de la cámara de rejas que desempeñan la función de remover las partículas pesadas como las arenas, gravas y solidos que se encuentran suspendidos en el agua residual que puede causar abrasión de las estructuras o deterioro de los equipos electromecánicos de un sistema de tratamiento, el fenómeno físico por el cual se remueven las partículas es la sedimentación que gracias a la acción de la gravedad sedimenta las partículas en la parte inferior de la estructura; para

favorecer este fenómeno la velocidad de la corriente deberá ser baja. Entre las clases de desarenador tenemos:

- **En función de su operación.**

**Desarenadores de lavado continuo**, es aquel en el que la sedimentación y evacuación son dos operaciones simultáneas.

**Desarenadores de lavado discontinuo (intermitente)**, que almacena y luego expulsa los sedimentos en movimientos separados. Son el tipo más común y la operación de lavado se procura realizar en el menor tiempo posible con el objeto de reducir al mínimo las pérdidas de agua.

- **En función de la velocidad de escurrimiento.**

- De baja velocidad  $v < 1$  m/s (0.20 – 0.60 m/s)
- De alta velocidad  $v > 1$  m/s (1 – 1.5 m/s)

- **Por la disposición de los desarenadores.**

- **En serie**, formado por dos o más depósitos construidos uno a continuación del otro.
- **En paralelo**, formado por dos o más depósitos distribuidos paralelamente y diseñados para una fracción del caudal derivado.

### 2.2.7.2 Tratamiento primario de aguas residuales.

La finalidad básica en esta fase de tratamiento es la remoción de un porcentaje de sólidos y materia orgánica suspendida en el agua residual, el cual se logra utilizando el principio de la fuerza gravitacional.

Los porcentajes de remoción según Noyola es la siguiente: 60% de sólidos suspendidos y 30% de la demanda bioquímica de oxígeno (DQO<sub>5</sub>).

La primera fase de tratamiento solamente disminuye las principales cantidades de materia orgánica, limitándose a la fracción suspendida mas no a la disuelta, por lo tanto, los sistemas que corresponden a esta fase de tratamiento se diseñan para reducir el porcentaje de sólidos suspendidos y otros elementos como las grasas presentes en el agua residual. El fenómeno físico empleado en esta fase es el proceso de sedimentación con el empleo de los tanques sépticos y tanque imhoff.

### **Tanque Séptico.**

Los tanques sépticos son estructuras contenedoras de líquidos de forma rectangular o circular de acuerdo a la propuesta de diseño, estas estructuras presentan uno o varias divisiones en su interior, destinadas para reunir y realizar la digestión anaerobia de las aguas residuales de acuerdo al origen de la misma, como puede ser de origen doméstico, industrial o municipal.

Estas estructuras son generalmente subterráneas y su construcción puede ser de varios materiales, entre los más empleados es el concreto reforzado por las características de resistencia a la agresión química y la hermeticidad que ofrece.

Sistema individual de disposición de aguas residuales para una vivienda o un conjunto de viviendas que combina la sedimentación y la digestión. El efluente es dispuesto por percolación en el terreno y los sólidos sedimentados y acumulados son removidos periódicamente en forma manual o mecánica (RNE 2009).

### **Tanques Imhoff.**

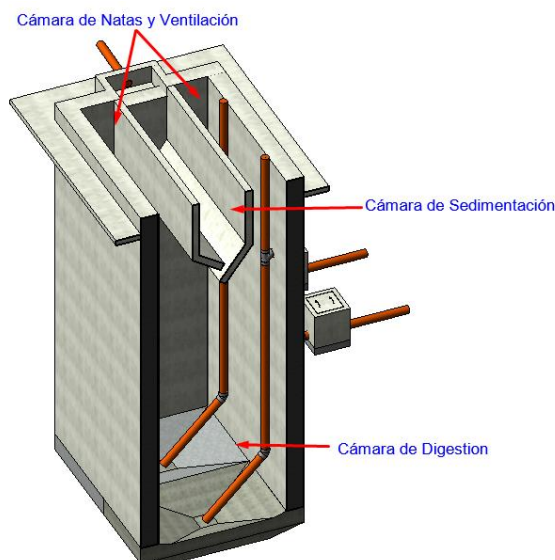
Son tanques de sedimentación primaria en los cuales se incorpora la digestión de lodos

en un compartimiento localizado en la parte inferior.

Se proyectan para comunidades de 5000 habitantes o menos, los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y a digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por ese motivo también se les llama tanques de doble cámara.

Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena.

El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimentos: Cámara de sedimentación, cámara de digestión de lodos, área de ventilación y acumulación de natas.



*Figura 12.* Tanque Imhoff

### **2.2.7.3 Tratamiento secundario de aguas residuales.**

Por lo general esta fase de tratamiento se aplica en los sistemas de tratamiento del tipo biológico en los cuales se aprovecha la acción microbiana contenida en el agua residual, los cuales, en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en

material celular, productos inorgánicos o material inerte reduciendo la cantidad de DBO y DQO a valores inferiores a 100 mg/l.

Los procesos biológicos se dividen en dos grandes grupos los aerobios que se caracterizan por el empleo de la energía en altas cantidades en el proceso de síntesis celular y por esta razón la mayor generación de lodo no estabilizado y los anaerobios que se caracterizan por tener una baja producción de lodos **Figura 8.**

La velocidad de degradación depende de la presencia de los microorganismos adecuados, teniendo en cuenta las características metabólicas requeridas en cada una de las etapas del tratamiento seleccionado

En general los procesos biológicos también llamados procesos de tratamiento secundario, son utilizados para la conversión de la materia orgánica disuelta y finamente dividida, en flóculos biológicos sedimentables y en sólidos siendo eliminados en los fangos de sedimentación, generando así la reducción de la materia orgánica (Metcalf & Eddy, 1995).

En un tratamiento secundario no se busca la eliminación de microorganismos patógenos o carga microbiana en general, básicamente se centra en la reducción de la materia orgánica (medida como DBO y DQO).

### **Filtro biológico.**

El filtro biológico es conocido también como filtro percolador y es un relleno filtrante de piedra gruesa cubierto de limo biológico a través del cual se percola el agua residual distribuyéndose en forma de pulverización uniforme sobre el relleno. Las aguas percoladas se recogen en el fondo de para la derivación a la siguiente fase de tratamiento.

**Medio Filtrante:** El medio filtrante considerado para esta estructura deberá ser la más económica y eficaz en cuanto a la calidad del efluente; del mismo modo, se debe considerar la disponibilidad en el mercado.

El medio filtrante más empleado es la piedra y/o grava seleccionada por la disponibilidad en el mercado y resultar más económica; según distintos especialistas son los más recomendados y deberán presentar las propiedades físicas descritas en la **Tabla 6**.

**Tabla 6.**  
*Propiedades físicas de los medios filtrantes de los filtros percoladores*

Medio	Tamaño nominal (mm)	Masa por unidad de Volumen kg/m <sup>3</sup>	Superficie específica m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	Porcentaje de Huecos (%)
<b>Gravas de río</b>				
Pequeñas	25 – 62.5	1250 – 1440	55 – 69	40 – 50
Grandes	100 – 125	800 - 900	39 - 164	50 - 60
<b>Escoria de altos hornos</b>				
Pequeñas	50 – 75	900 – 1200	55 – 69	40 – 50
Grandes	75 - 125	800 - 990	56 - 59	50 – 60
<b>Plástico</b>				
Convencional	600x600x1200 <sup>b</sup>	32 – 96	79 – 98	94 – 97
Alta superficie específica.	600x600x1200 <sup>b</sup>	32 – 96	98 – 196	94 – 97
Madera de secuoya	1200x1200x500 <sup>b</sup>	144 – 176	39 – 49	70 – 80
Relleno desordenado	25 – 87.5	48 - 96	125 - 279	90 - 95

**Fuente:** Metcalf & Eddy 1995

Los filtros biológicos se clasifican de acuerdo a las cargas hidráulicas como:

- De carga baja o normal.
- media alta o muy alta.
- De desbaste.



**Filtros de baja carga.** Este tipo de estructuras son sencillas y de gran fiabilidad por la calidad estable del efluente; pudiendo adoptarse de forma rectangular o circular en el cual se mantiene una carga hidráulica constante.

En la mayoría de los filtros de carga baja las capas superiores presentan una elevada capa de película biológica a causa de este fenómeno las zonas inferiores proliferan de bacterias nitrificantes; siendo así, este tipo de filtros pueden garantizar la eliminación del DBO en altos porcentajes y altamente nitrificados.

Uno de los problemas típicos en los filtros de percolación es la emisión de malos olores al medio ambiente, por el tipo de las aguas residuales y la intervención de los climas cálidos; por esta razón los filtros de percolación deberán ser emplazados en lugares donde no signifique amenaza para la población y se convierta en un vector de contaminación.

**Filtros de media y alta carga.** Los filtros de este tipo son muy similares a los filtros de baja carga a excepción de la recirculación del efluente; con la recirculación del efluente se evita el empleo de filtros de mayores dimensiones y de la misma forma se reduce la liberación de olores al medio ambiente.

**Filtros de desbaste.** Según varios autores, este tipo de filtros son destinadas para trabajar con altas concentraciones de materia orgánica mayores al  $1.60 \text{ kg/m}^3$  día y también para cargas hidráulicas mucho mayores al  $187 \text{ m}^3/\text{m}^2$  día.

**Filtros de dos Etapas.** Este tipo de filtros se usa para el tratamiento de aguas residuales muy concentradas.

#### **2.2.7.4 Tratamiento Terciario o Avanzado de aguas residuales.**

El tratamiento terciario es un complemento del tratamiento de las aguas residuales cuando se requiere una depuración mayor de la conseguida con los tratamientos primarios

y secundarios. Esta etapa del tratamiento incluye procesos específicos como precipitación, adsorción en carbón activo, oxidación química, inyección con aire a vapor, intercambio iónico, ósmosis inversa y electrodiálisis (Cepis, 1993)

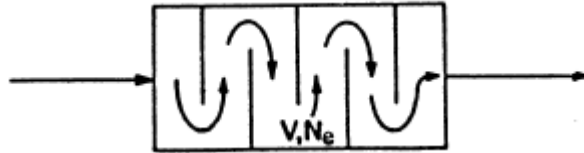
Además, consiste en acondicionar el agua para las condiciones ideales para que se desarrolle la vida acuática superior y pueda ser aprovechada por el hombre para sus cultivos, ganadería, recreación, aseo, alimentación y demás usos del hogar.

### **Proceso de Oxidación Química - Cloración**

La cloración es un proceso muy usado en el tratamiento de aguas residuales cuyos objetivos básicos son los siguientes:

- **Desinfección:** el cloro es un desinfectante debido a su capacidad oxidativa por lo que destruye el crecimiento de bacterias y algas.
- **Reducción de la DBO.** Por el efecto de la oxidación de los compuestos orgánicos se reduce la cantidad de DBO.
- **Eliminación y/o reducción de Olores y Colores.**

Para la reducción y/o eliminación de malos olores y colores en el sistema de tratamiento terciario se emplean varios compuestos químicos como son: gas cloro ( $\text{Cl}_2$ ), Hipoclorito de Sodio ( $\text{NaClO}$ ), Hipoclorito de Calcio ( $\text{Ca}(\text{ClO})_2$ ); en el proceso de tratamiento en pequeñas plantas los más empleados son los Hipocloritos y del mismo modo para plantas de tratamiento más grandes en cuanto a la capacidad de procesamiento se recomienda el gas cloro y de la misma forma se deberá garantizar la mezcla adecuada de los componentes. Según varias bibliografías el tiempo mínimo de contacto debe ser de 30 minutos, tiempo en el cual el contenido del cloro residual será de 0.5 a 1.00 ml/l.



**Figura 13.** Croquis de Flujo

### 2.2.7.5 Tratamiento de lodos.

Consiste en acondicionar la recepción, filtrado, secado y acondicionamiento de los lodos con el fin de evitar que éstos contaminen de nuevo el agua depurada o la fuente hídrica en forma directa o indirecta. A través de este tratamiento se hace posible el aprovechamiento de los lodos para la agricultura. Estos son:

#### **Lecho de secado**

El secado de lodos al aire libre es uno de los métodos más económicos para la eliminación del agua. Generalmente es usado en plantas de tratamiento pequeñas y medianas efluentes.

En cuanto al mecanismo de secado de lodos se aprecian los siguientes: Percolación o Infiltración del agua a través de la arena en el cual se elimina de 20 % al 55% del agua contenido en el lodo; y la Evaporación del Agua a través de los mecanismos de radiación y convección el cual depende la temperatura la humedad relativa y la velocidad del aire.



**Figura 14.** Lecho de Secado

### **Recirculación de lixiviados (al desarenador).**

Es el proceso en el cual las aguas lixiviadas por filtración del lodo son devueltas al sistema de tratamiento generalmente por bombeo al desarenador, en otros casos a la cámara de contacto con cloro.

### **Compostaje**

El empleo de lechos de secado es generalmente por la facilidad de operación en el sistema de tratamiento para caudales menores, lo cual trae consigo la generación de lodo estabilizado y en ocasiones con presencia de malos olores, para el emplazamiento de estas estructuras se demandan grandes áreas.

El compost o la composta es un elemento obtenido como producto de la materia orgánica (Lodos), presenta un aspecto a tierra libre de olores y patógenos y es usado en muchos casos como fertilizante para disminuir los costos de producción agrícola, el compost empleado en la agricultura debe obedecer los estándares de calidad y presentar los agentes patógenos dentro de los LMP, aquellos lodos que rebasen los LMP pueden ser residuos altamente peligrosos para la agricultura.

En conclusión, el compost obtenido en el proceso de tratamiento deberá ser empleado de acuerdo a las características alcanzadas en dicho proceso.

### **2.2.8 Consideraciones para la Selección de Tecnología de Tratamiento**

La selección de la tecnología de tratamiento es una de las etapas más importantes en el diseño de una PTAR, en función de las necesidades legales, económicas, medioambientales, etc.

Por lo tanto, para la elección de la tecnología de tratamiento se emplea la matriz de decisión correlacionando las distintas circunstancias y las necesidades de la población.

Según Noyola et al 2013, en la matriz de decisión se consideran y ponderan varias características como: Aplicabilidad del proceso, la generación de residuos, la aceptación por parte de la comunidad, la generación de subproductos con valor económico o de uso, la vida útil, el requerimiento de área, costo de inversión inicial, costo de operación y mantenimiento, el requerimiento de reactivos, aspectos de diseño, construcción y operación así como la influencia sobre el entorno e impacto al medio ambiente.

**a. Aplicabilidad del Proceso.**

Este rubro corresponde al grado de adaptación del sistema según las características de las aguas servidas, de la misma forma la calidad requerida del efluente.

**Intervalo de flujo en el cual el sistema es aplicable:** La elección del sistema deberá basarse de acuerdo al caudal a tratar, como se sabe hay procesos más eficaces para caudales pequeños y otros que se comportan mejor con caudales mayores.

**Tolerancia a variaciones de flujo:** Del criterio anterior, como la emisión del caudal de las aguas residuales no es constante, se deberá considerar las fluctuaciones del caudal en el proceso para ser tolerado por el sistema aplicando tanques reguladores para caudales altos.

**Características del agua residual:** Las características finales del efluente son tomados en cuenta para la selección del proceso. La característica del efluente deberá estar dentro los parámetros mínimos permitidos.

**Eficacia de remoción:** El presente criterio toma en cuenta la legislación vigente, de acuerdo a los estándares de calidad ambiental y los límites máximos permisibles por cada tipo de contaminante.

**b. Generación de Residuos.**

Teniendo en consideración la ley de la conservación de la materia se estimarán los porcentajes de residuos generados en el proceso.

**c. Aceptación por parte de la Comunidad.**

Es uno de los factores decisivos para la lección del sistema, razón por la cual la población beneficiaria los vecinos aprobarán el uso del sistema electo y/o planteado.

**d. Generación de Subproductos de valor económico.**

**e. El sistema de tratamiento deberá ser autosostenible y/o generador de sub productos de valor económico como el caso de biogás, lodo como fertilizante alternativo, etc.**

**f. Vida Útil.**

Es el tiempo que el sistema de tratamiento estará en servicio sin mayores deficiencias cumpliendo con las condiciones básicas para el que fue diseñado, generalmente las PTAR son diseñados para 20 años.

**g. Requerimientos de Área.**

El área requerida es uno de factores limitante para la elección de los sistemas más adecuados y convenientes para una población.

**h. Costo.**

Principalmente se consideran dos tipos de costos: El costo de inversión en la construcción y equipamiento y los costos en la fase de operación, mantenimiento preventivo y correctivo dentro del tiempo de vida útil del sistema.

**i. Diseño y Construcción.**

Se consideran dos criterios:

**Criterios de Diseño:** se refiere al dominio de los modelos teóricos y empíricos para el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales, puede ser criterios en el diseño arquitectónico, hidráulico, sanitario y estructural.

**Experiencia de la Contratista:** Es uno de los factores determinantes para garantizar la calidad del proyecto, dentro de esto se considera el equipo técnico y la experiencia con proyectos similares.

**j. Operación.**

La operación está relacionado a garantizar el funcionamiento de los sistemas planteados, con la liberación de aguas tratadas con características dentro del marco normativo vigente

**k. Entorno e Impacto Ambiental.**

Este criterio considera los cuidados del entorno medio ambiental y los efectos que pudiera generar tales como la contaminación visual, la generación de ruido, generación de olores, generación y propagación de vectores de contaminación.

**2.2.9 Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).**

El sistema de tratamiento de aguas residuales se define como una estructura integral en función del tratamiento de aguas residuales considerando una serie de procesos físicos, químicos y biológicos.

Este sistema de tratamiento está conformado por varios componentes estructurales como estructuras de tratamiento preliminar, estructuras de tratamiento primario, estructuras de tratamiento secundario y estructuras de tratamiento terciario. Los distintos componentes estructurales que conforman los sistemas de tratamiento en cuestión se muestran en la **Figura 2.**

- ✓ Cámara de rejas.
- ✓ Tanque Imhoff.
- ✓ Lecho de secado.
- ✓ Filtro biológico.

Todas las estructuras antes mencionadas hacen parte del proceso de remoción de contaminantes y dejan que la naturaleza complete en el cuerpo receptor. Para ello, el nivel de tratamiento requerido es función de la capacidad de auto purificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de auto purificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse. Por lo tanto, el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización (García y Fonseca 2015, 18).

#### **2.2.10 Durabilidad del Concreto Estructural.**

Se denomina concreto durable al concreto que presenta la característica resistente en condiciones de servicio a la que está expuesto; entre ellos las principales acciones a las que está sujeto el concreto son las condiciones medio ambientales, factores físicos, factores químicos, etc.

Las estructuras de concreto reforzado durable deben satisfacer de manera óptima las necesidades para las cuales fueron diseñadas bajo la imposición de las condiciones de carga, condiciones medio ambientales de exposición, condiciones físico químicas para un periodo de vida útil. Los criterios de concepción en la fase de diseño no implican el descuido de la operación y mantenimiento.

Los factores de durabilidad y eficiencia de las estructuras están relacionados a:



**Diseño estructural.** El diseño estructural es uno de los factores primordiales para la buena durabilidad del concreto, al igual que la selección de la forma o geometría de la estructura, la cantidad y distribución adecuada del acero de refuerzo que satisface a la concepción de cargas de diseño impuestas, del mismo modo las características medioambientales y las cargas de servicio.

**Materiales.** La elección correcta de los materiales es uno de los factores que definen las características resistentes del concreto; por lo tanto, los materiales como tipo de cemento, acero de refuerzo, aditivos, agregados etc. deberán ser seleccionados de acuerdo a las características de medio a las cuales estará expuesto el concreto como son los sales, sulfatos y otros agentes perjudiciales para la salud del mismo.

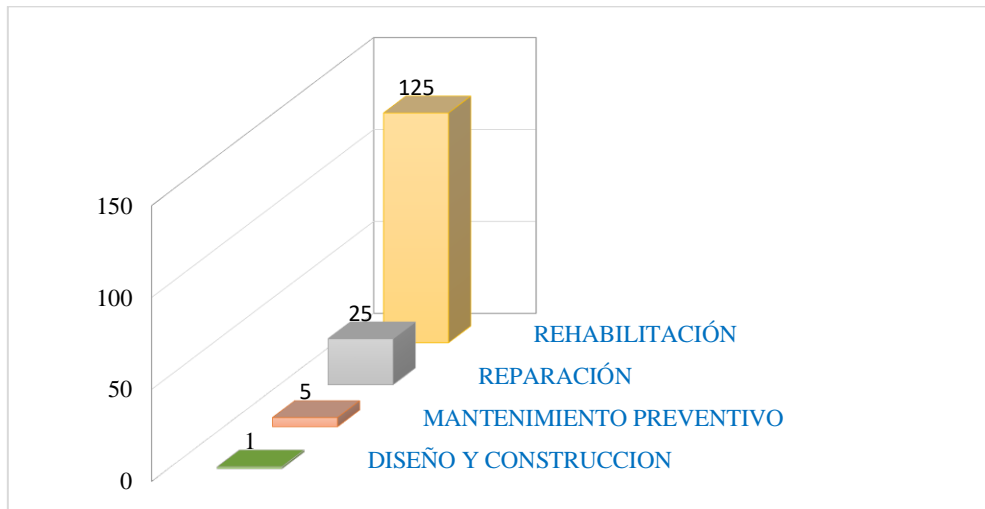
**Proceso constructivo.** En el proceso constructivo los factores que intervienen por lo general son la calidad de mano de obra empleada en el proceso constructivo, el mismo proceso constructivo referente a la calidad de materiales, dosificación del concreto, colocación de concreto y curado del concreto de acuerdo a las exigencias de las normas.

**Operación y mantenimiento.** Para garantizar la durabilidad del concreto, toda infraestructura debe contar con un adecuado plan de operación y mantenimiento de acuerdo a las condiciones a las cuales está expuesto.

Generalmente, por desconocimiento o simplemente por negligencia de los factores intervinientes en la durabilidad del concreto, sumado el diagnóstico oportuno y descuido en la operación y mantenimiento son causantes de las patologías que avanzan hasta el colapso de las estructuras; lo cual conlleva a costos elevados de mantenimiento y/o rehabilitación.

A continuación, mencionaremos la “ley de los cinco” de Sitter o “ley de evolución de costos” basada en que una unidad de costo invertida en la fase de diseño y construcción

elimina 5 unidades de costo en mantenimiento preventivo, 25 unidades de costo en labores de reparación y 125 en rehabilitación como se aprecia en la **Figura 15**.

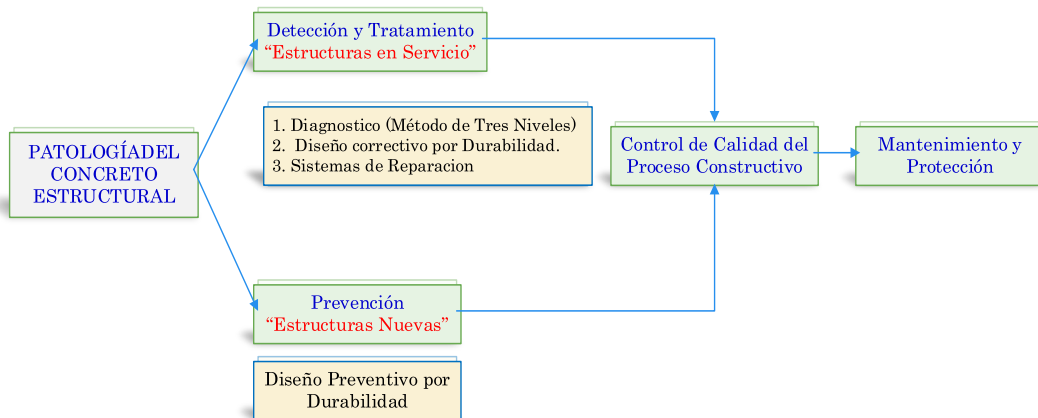


*Figura 15.* Ley de los Cinco

### 2.2.11 Patología Estructural.

La patología estructural es una disciplina de la ingeniería forense que detecta, trata y previene los daños que se presentan o se podrían presentar en las estructuras en servicio, el estudio comienza con la detección de las causas y consecuencias del deterioro (diagnóstico), luego se realiza un diseño correctivo tomando en cuenta los requisitos de durabilidad y por último se establecen los procesos de reparación, control de calidad y mantenimiento de la reparación. En el caso de estructuras nuevas, la Patología Estructural establece recomendaciones y especificaciones de diseño preventivo por durabilidad, control de calidad durante el proceso constructivo y protección de los elementos después de construidos. (Avendaño, 2006, p.19)

En el esquema de la **Figura 16** se presenta la interrelación entre varios conceptos relacionados a la patología del concreto.

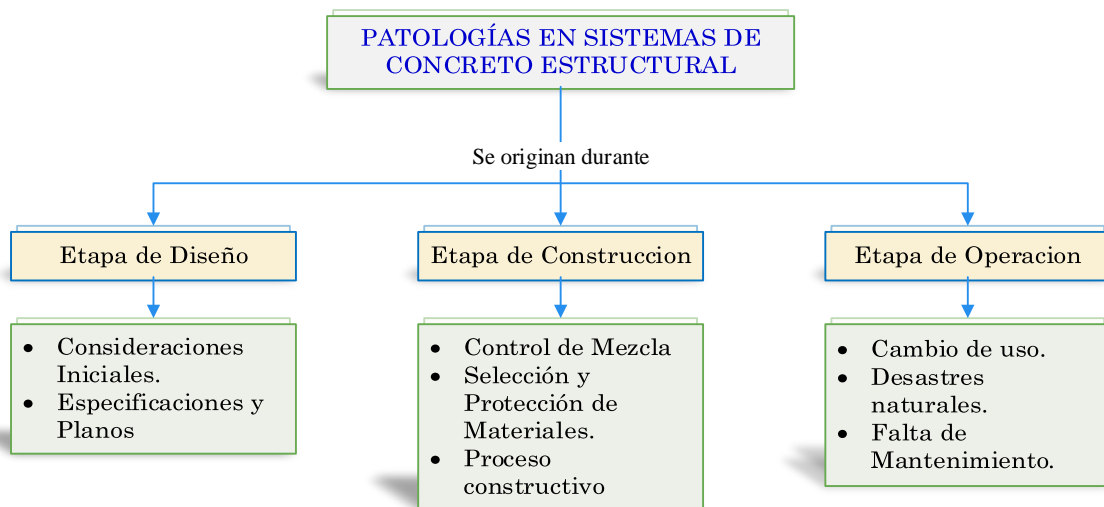


**Figura 16.** Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural

Fuente: Avendaño (2006).

### 2.2.11.1 Clasificación de las patologías según la etapa del proyecto

Las características patológicas del concreto se clasifican de acuerdo a la fase del proyecto, entre ellos se puede encontrar las patologías en la etapa de diseño, construcción y operación, tal como se detalla en la **Figura 17**.



**Figura 17.** Clasificación de patologías según etapa de origen

Fuente: Avendaño (2006).

#### a. Patologías en la etapa de diseño.

Para realizar el diseño estructural de cualquier infraestructura, no se requiere solamente las características resistentes a la compresión del concreto, sino se debe considerar las condiciones medioambientales a las cuales estará expuesto la estructura.

Los principales criterios que se deben considerar en la etapa de diseño para controlar las patologías son las siguientes:

- ✓ Se debe tener en cuenta las condiciones medioambientales al igual que las distintas cargas a las cuales estará expuesto la estructura durante su vida útil.
- ✓ Se debe considerar el diseño de los tres tipos de juntas como son: juntas de contracción, juntas de dilatación y las juntas de construcción; porque se sabe que el concreto es frágil a las fuerzas de tensión por lo que se requiere el diseño adecuado del acero de refuerzo para el control de las fisuras y grietas, para el control de retracción por temperatura las juntas.
- ✓ Considerar los sistemas de drenaje para evitar los ciclos de humedecimiento y secado del concreto con cualquier tipo de fluido.
- ✓ Los planos estructurales deberán contemplar las especificaciones técnicas.
- ✓ Considerar planos de detalles, nudos, distribución de refuerzo, etc.

#### **b. Patologías en la etapa de construcción**

El control de calidad en la fase de construcción es uno de los parámetros que describirá las características resistentes de la estructura, entre los controles de calidad a verificar están, los diseños de mezcla, resistencia a la compresión del concreto, etc. De la misma forma, se debe garantizar la calidad de los materiales como el tipo de cemento, agregados, acero, etc.

La industria de la construcción en la actualidad se ha sistematizado haciendo que los procesos de construcción sean ligeramente más precisos; pero, sin prescindir del empleo de la mano de obra que es el principal impulsor de la industria del sector construcciones, dando a entender de esta manera que el ser humano esta propenso a cometer equivocaciones.

Las consideraciones básicas para evitar las patologías en la fase de construcción son:

- ✓ Dosificación adecuada de la mezcla de concreto en sitio.
- ✓ Control de calidad de concreto fresco SLUMP, de acuerdo al tipo de estructura.
- ✓ Control de calidad de concreto, rotura de muestras cilíndricas a los 28 días.
- ✓ Control de calidad de los agregados.
- ✓ Colocar adecuadamente el concreto fresco.
- ✓ Construcción adecuada de las juntas de contracción.
- ✓ Distribución adecuada de los aceros de refuerzo.
- ✓ Después de la colocación de concreto, tener en cuenta el tiempo mínimo de desencofrado de acuerdo a cada tipo de estructura (evitar el retiro prematuro).
- ✓ Procedimientos de montaje de elementos prefabricados, que induzcan deformaciones, impactos y vibraciones no previstas.
- ✓ Evitar la sobrecarga permanente de los elementos estructurales antes de la edad mínima requerida, de la misma forma, evitar las deformaciones excesivas, vibraciones e impactos en el montaje de estructuras prefabricadas.
- ✓ Evitar el debilitamiento estructural realizando picado en los elementos estructurales.

### **c. Patologías durante el período de operación**

Las estructuras diseñadas para un periodo de vida útil deben cumplir las funciones básicas mínimas requerida durante este lapso de tiempo afrontando las condiciones para las cuales fueron diseñadas.

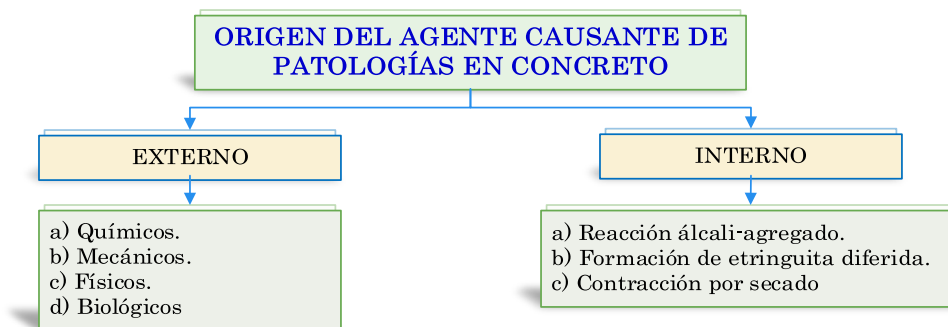
En conclusión, el desempeño óptimo de cualquier tipo de estructura durante su vida útil depende de varios factores, entre ellos tenemos: consideraciones técnicas en la fase de diseño, la calidad de los materiales empleados y el proceso constructivo; por más que se cumplan con estas consideraciones la vida útil de las estructuras se acortan por falta de una adecuada gestión de operación y mantenimiento.

Para evitar las manifestaciones patológicas de las estructuras durante el servicio dentro de su vida útil se debe materializar las siguientes recomendaciones:

- ✓ Evitar usar la estructura con otros fines para las que no fue diseñado.
- ✓ Desastres naturales o accidentales: incendios, explosiones, impactos, inundaciones, terremotos y huracanes.
- ✓ Mantenimiento preventivo con manual de procedimientos adecuados y personal técnico capacitado.

#### 2.2.11.2 Clasificación de las patologías según el origen del agente causante

Según varios autores, el concreto en servicio está en contacto con el microclima del ambiente que lo rodea, entre ellos podemos encontrar los agentes externos e internos causantes de las patologías por el origen del agente causante.



**Figura 18.** Clasificación de patologías según el origen del agente causante.

#### **a. Agentes Externos.**

- ✓ **Químico.** Los agentes químicos son los provocadores de desintegración de la pasta de cemento en el concreto endurecido.

La reacción causada por factores químicos presenta la disminución del potencial de hidrógeno (PH), como consecuencia de la pérdida de la característica alcalina de la pasta de concreto, reduciendo de esta forma la protección del acero de refuerzo de la corrosión. Los agentes agresivos se trasladan a las paredes del concreto para posteriormente penetrar. Las manifestaciones patológicas por agentes químico se pueden apreciar de acuerdo a la concentración de los contaminantes, el tiempo de contacto y las condiciones medioambientales. (Avendaño, 2006)

Entre los principales agentes químicos que degradan el concreto son: ataque de ácidos, ataque de sulfatos y la carbonatación.

- **Ataque de ácidos.** La pasta es el material cementante del concreto y en conjunto es un compuesto silico-calcareo que presenta un PH básico llegando aproximadamente a un valor de PH=13, lo cual hace que sea muy susceptible al ácido. (Avendaño, 2006)

La característica principal del ataque al concreto por los ácidos es la pérdida y/o disolución de la pasta como consecuencia de la reacción de los componentes calcáreos del cemento y los ácidos intervinientes.

La rapidez con la cual se degrada el concreto expuesto al ácido depende generalmente de varios factores como el porcentaje de concentración, tiempo de exposición, etc. Entre los principales ácidos que degradan el concreto tenemos:

**Tabla 7.**  
*Principales ácidos que degradan el Concreto*

<b>Ácidos inorgánicos:</b>	<b>Ácidos orgánicos:</b>
- Clorhídrico.	- Acético.
- Brómico.	- Fórmico.
- Carbónico.	- Láctico.
- Ácido de cromo	- Cítrico.
- Fluorhídrico.	- Tánico.
- Fosfórico.	- Butílico.
- Nítrico.	- Úrico.
- Sulfúrico.	- Húmico.
- Sulfuroso.	- Fenol.

**Fuente:** Avendaño (2006)

Según Avendaño (2006), las principales sustancias naturales del medio ambiente que al entrar en contacto con el concreto se transforman en ácidos son:

- Lluvia acida (ácido sulfúrico), producto de la combinación de los gases de combustión y la humedad.
- Aguas residuales, relaves mineros, etc. Que también forman el ácidos sulfúrico y sulfuroso.
- Ácidos orgánicos, producido por la industria agrícola.
- Fuentes de agua con contenido de ácido orgánico.
- Ceniza volcánica, son polvos finos menores a 2mm de diámetro, liberadas en una actividad volcánica, estas cenizas en muchos casos tienen recubrimiento de ácidos.



## - **Corrosión de acero de refuerzo.**

El recubrimiento mínimo es la capa de concreto que ofrece protección al acero de refuerzo para evitar su corrosión; por otra parte, el oxígeno dentro del concreto se presenta formando una pequeña capa de óxido en los aceros constituyendo una capa que impide la corrosión profunda.

La principal causa de la corrosión es la pérdida de alcalinidad del concreto por la exposición a sustancias agresivas como los ácidos y sulfatos, las principales causas de la corrosión se mencionan a continuación.

- La permeabilidad del recubrimiento.
- El espesor del recubrimiento.
- Penetración de cloruros.

## - **Ataque de sulfatos.**

Según Avendaño (2006), los iones sulfato se presentan por la reacción de dos componentes.

- La combinación del yeso con uno de los componentes del cemento como el aluminato tricálcico (C3A), que da como resultado el sulfoaluminato.
- De la interacción entre los sulfatos con el hidróxido de calcio, se llega a obtener un producto resultante de esta combinación conocido como el sulfato de calcio.

Las reacciones antes mencionadas tienen lugar en el interior del concreto, manifestándose por medio del aumento de volumen, expansión, ablandamiento y la

fracturación posterior; estos fenómenos disminuyen significativamente las características aglomerantes de la pasta dejando expuestas los aceros de refuerzo.

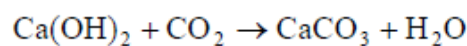
El sulfato ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) puede ser de origen **natural** provienen de suelos orgánicos (turberas y arcillas) y el nivel freático, entre los principales sulfatos se tiene: calcio, magnesio, sodio, amonio, cobre, aluminio y vario. De la misma forma, entre las sales y sulfatos de origen natural tenemos los provenientes de las aguas del mar como son los cloruros de sodio ( $\text{NaCl}$ ), cloruros de magnesio ( $\text{MgCl}_2$ ), cloruro de potasio ( $\text{KCl}$ ).

Los principales sulfatos de orígenes **biológicos** son provenientes de las aguas servidas de uso doméstico con proceso aerobio.

Los principales sulfatos de origen **industrial** se presentan por la combustión de carbón o gasolina del cual se libera el dióxido de azufre en combinación con la humedad atmosférica.

#### - **Carbonatación.**

La carbonatación es el fenómeno por el cual el concreto pierde el PH y ocurre cuando el dióxido de carbono atmosférico ( $\text{CO}_2$ ) reacciona con la humedad dentro de los poros del concreto y convierte el hidróxido de calcio con alto pH a carbonato de calcio, que tiene un pH más neutral

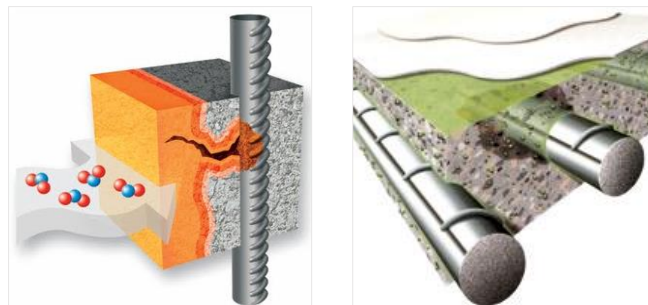


Producto de la reacción se encuentran dos manifestaciones negativas en el concreto.

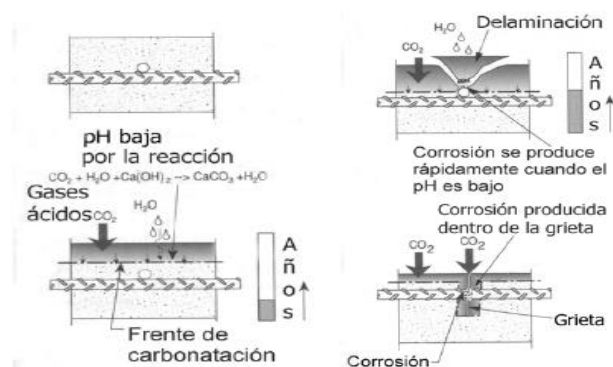
- La variación del PH de la superficie del concreto desciende aproximadamente de 13.00, hasta alcanzar valores alrededor de 9.00. Perdiendo la característica básica y de esta forma disminuyendo la capacidad de protección de la corrosión del acero de refuerzo.

- La disminución de la pasta de cemento trae consigo la presencia de contracciones en la superficie del concreto, de esta forma generando la aparición de fisuras y perdiendo la capacidad de recubrimiento del acero de refuerzo.

Las reacciones de carbonatación se hacen más intensas, si las condiciones medio ambientales como humedad relativa, presión atmosférica y la temperatura del medio ambiente son muy favorables, agregando a estos las condiciones de permeabilidad y porosidad de la superficie del concreto. Este fenómeno se puede apreciar por lo general en ambientes con la presencia de húmedas relativa entre un 65.00% y 98.00%. por lo general, en las estructuras que se encuentran permanentemente saturadas no existe la posibilidad de carbonatación, ya que la difusión del dióxido de carbono es posible solamente en poros llenos de aire. (Avendaño, 2006, p.35)



**Figura 19.** Proceso de Carbonatación.



**Figura 20.** Esquema de deterioro causado por la carbonatación

- ✓ **Mecánicos.** Las patologías de origen mecánico por lo general se presentan a consecuencia de cargas excesivas, vibración e impactos causado por agente externo,

esfuerzos no contemplados en la etapa de diseño estructural, de la misma forma estos efectos se originan por el cambio de funciones de la estructura para el cual no fue diseñado, accidentes mecánicos o desastres naturales.

**a. Sobrecargas.**

Cada estructura es diseñada para soportar una determinada carga, el cual fue considerado en la etapa de diseño, pero generalmente, durante la vida útil de cualquier estructura ocurren cambios en las solicitaciones, sismo, viento, inundaciones, deslizamientos, etc.

Estos efectos serán manifestados por grietas y deflexiones excesivas. Donde, las grietas presentan anchos superiores 0.5 mm como consecuencia de movimientos sísmicos, asentamientos del suelo de fundación, y otros fenómenos imprevistos como vientos huracanados, inundaciones, explosiones cerca de las estructuras y deslizamientos de masas de suelo.

**b. Impactos y vibraciones.**

Como consecuencia del impacto por agentes externos y vibraciones las estructuras se manifiestan por medio de grietas, generalmente, los diseños estructurales no toman en cuenta los impactos para estructuras comunes, pero se puede contemplar al igual que la vibración que es considerado como una carga dinámica.

En la fase de diseño la vibración es considerada como una carga dinámica, donde la concepción básica es evitar la resonancia de la frecuencia de vibración, el cual se produce cuando la frecuencia de vibración de la estructura se superpone a la frecuencia de la carga dinámica.

### **c. Abrasión.**

Es una característica del concreto que se define como la capacidad para soportar el desgaste producto de la fricción y erosión causada por un factor externo como es el caso de fenómenos presentados en los desarenadores .

Fricción, definida como acción y efecto de desgastar una superficie de pavimento por el tránsito vehicular y peatonal.

La erosión, es el fenómeno encontrado en las obras hidráulicas como efecto de las partículas sólidas transportadas en el fluido, la magnitud de las mismas depende directamente de sus características físicas de la partícula sólida transportada.

La cavitación, es un fenómeno que ocurre a consecuencia de velocidades altas del agua por la diferencia de presiones presentada entre el flujo y el vapor. Las bolsas de aire o las comúnmente conocidas como burbujas se forman cuando la presión presentada por el vapor es mucho mayor al del flujo, estas generan ondas expansivas al explotar en las zonas de alta presión de flujo, dejando como consecuencia efectos en el concreto; estos efectos se presentan generalmente en túneles, vertederos disipadores de energía

### **✓ Físicos.**

El cambio volumétrico es la acción física que presenta el concreto manifestado por grietas y fisuras producto de los cambios de humedad y temperatura.

#### **a. Fisuras ocasionadas por cambios de Humedad.**

Generalmente este tipo de fisuras se observan en estructuras hidráulicas y se pueden identificar hasta tres regiones de manifestación: una de ellas es la zona de los elementos que por lo general no están directamente en contacto con las aguas, parte de la estructura que

está sumergida permanentemente y por último la parte que más se deteriora son las áreas que están en secado y humedecimiento constantes, esto quiere decir que la estructura esta sometidos a ciclos húmedos y secos.

#### **b. Fisuras por cambios de Temperatura.**

La pasta del cemento y los agregados del concreto son los perjudicados por la variación de temperatura en mayores 20 °C (Sánchez, 2011).

Entre los principales fenómenos causantes de los cambios volumétricos son:

- Variación volumétrica del concreto por cambio de temperatura diaria generando fenómenos de contracción y dilatación, como cualquier otro material el concreto experimenta cambios volumétricos directamente proporcionales a la temperatura. Generalmente, este fenómeno se observa en las regiones con alta insolación y presencia de lluvias en las tardes, quien, es el encargado de bajar la temperatura ambiente de manera acelerada.
- Ciclos de Hielo y Deshielo. Por lo general se encuentra en las zonas altoandinas y cámaras de congelación. Este fenómeno es manifestado cuando el agua presente en los poros entra en estado de congelación aumentando experimentando una variación volumétrica de un 9.00%, esto trae consigo sobreesfuerzos en la pasta de cemento y los agregados generando agrietamientos.
- Ataque por fuego. La presencia de fuego sobre estructuras de concreto no es recomendable, porque estas producen micro fisuras y poros por la descarbonatación. A continuación, se presenta un cuadro de daños estructurales.

RANGO TEMPERATURA (°C)	COLORACIÓN SUPERFICIAL	DAÑO
0 – 300	Gris natural	Calcinación incipiente: Microfisuras y mapeo superficial
300 – 600	Rosado	Calcinación superficial: Fisuración térmica por alabeo y descarbonatación superficial
600 – 900	Gris claro	Calcinación avanzada: Descarbonatación profunda y pérdidas de masa por descascaramiento
> 900	Blanco o amarillo claro	Calcinación muy avanzada: Descarbonatación avanzada y pérdida de masa

**Figura 21.** Esquema temperatura, color y daño en el concreto por incendio

**Fuente:** Adaptado de Sánchez de Guzmán (2011)

#### ✓ **Biológicos.**

La presencia de vegetación, organismos y microorganismos sobre las superficies de las estructuras de concreto son muy perjudiciales, por que ocasionan daños físicos, mecánicos, químicos y biológicos.

Como uno de los efectos se puede observar el crecimiento de raíces dentro de los poros del concreto, los cuales en el proceso de crecimiento generan fuerzas expansivas ocasionando grietas en la estructura. Por otro lado, la presencia de vegetación colabora con los ciclos de humedecimiento y en su desarrollo se puede experimentar ataques químicos en combinación con la acción de los microorganismos.

Para la proliferación de microbiana se requieren las siguientes condiciones:

- La presencia de agua: El agua es fundamental para el desarrollo de cualquier tipo de vida, esta, proviene del medio ambiente al igual que de los poros del concreto
- La disponibilidad de nutrientes: Algunas bacterias y hongos se alimentan generalmente de los desechos.

- Las condiciones medioambientales: para el desarrollo de las bacterias aeróbicas y anaeróbicas se requieren oxígenos de 1.00 g/l y 0.10 g/l respectivamente y una temperatura ambiente de 20.00 a 35.00 °C, con una humedad superior al 80.00%.
- Las superficies de colonización. Las superficies rugosas o ásperas favorecen la creación de colonias de microorganismos.
- Microorganismos endolíticos (líquenes): Este tipo de microorganismos son capaces de penetrar hasta 1.00 mm atacando químicamente el concreto.
- Organismos bioabrasionadores: generalmente ocasionado por los moluscos, este tipo de organismos son capaces de realizar abrasión superficial en las secciones de la estructura expuestas a esta.
- Organismos bioperforadores: Estas generan el deterioro del concreto ocasionados por la combinación de dos acciones como las químicas y mecánicas, por lo general se presentan en estructuras marina acelerando el proceso de carbonatación.

Para reforzar los conceptos anteriores presentamos la **Tabla 8**.

**Tabla 8.**  
*Microorganismos y acciones sobre el concreto*

MICROORGANISMOS	ACCIONES
Bacterias	La mayoría necesita CO <sub>2</sub> para sus procesos metabólicos y excretan ácidos orgánicos, oxidan el azufre en sulfato, el cual se mezcla con el cemento para formar sulfato de calcio que produce ataque de sulfatos en el concreto. Además, forman nitratos, ácido sulfúrico, ácido acético y gas sulfhídrico causante de corrosión del acero.
Hongos	Los hongos son vegetales inferiores abundantes en el suelo y aire. Producen daños mecánicos por el agrietamiento que causa el crecimiento de raíces dentro del concreto, además de ataque de ácidos orgánicos y formación de manchas y moho.
Algas, Líquenes y Musgos	Son organismos vegetales (plantas) relacionadas con medio acuático. Utilizan el calcio y magnesio del cemento como alimento, generan grietas y fisuras que facilitan la entrada de sustancias agresivas.

**Fuente:** Avendaño 2006



## **b. Agentes Internos.**

### **- Reacción Álcali – Agregado (RAA).**

Thomas Staton en el año 1940 demostró que ciertos agregados tenían una reacción con la pasta de cemento, estas tenían una manifestación por agrietamientos y expansión provocando una degradación en el concreto. La conclusión a la cual se llega es que la reacción se debía a cementos con porcentajes elevados de álcalis (Óxidos de sodio y potasio), de donde proviene el nombre de álcali – agregado.

Para la manifestación de este fenómeno se debe un ambiente húmedo, la reacción de los agregados y lo más importante la concentración de los álcalis en los poros del concreto.

### **- Contracción por Secado.**

Conocida también como retracción hidráulica, el fenómeno se basa en la variación de volumen, específicamente la manifestación es con la disminución del volumen de concreto en el proceso de fraguado, por la liberación del agua de la mezcla, la variación promedio por metro lineal es de 0.20 mm a 0.70 mm.

La evaporación del agua del concreto depende de varios factores como la temperatura ambiente, la velocidad del viento, humedad y el proceso de curado. Por otro lado, depende directamente de la composición del concreto.

- ✓ Contenido de Cemento: se tiene verificado que la variación volumétrica como la contracción y dilatación son directamente proporcionales a la cantidad de cemento contenida en el concreto.
- ✓ Cantidad de Agua: la cantidad de agua en la mezcla es uno de los factores primordiales porque, si la mezcla tiene gran cantidad de agua, se tendrá mayor cantidad de agua para

evaporar y en consecuencia la presencia de la contracción por fraguado, por ende, el concreto será muy poroso y permeable.

- ✓ Naturaleza del Agregado: las características del agregado serán otro de los factores preponderantes. Los agregados de gran dureza garantizan una buena adherencia entre la pasta con los agregados, mientras que, los agregados de dureza baja en vez de evitar la contracción favorecen al desarrollo de este fenómeno en dos o tres veces mayores a las de un concreto normal.

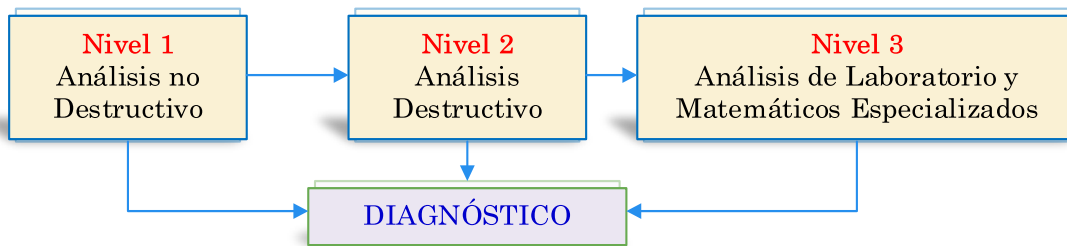
### **2.2.12 Detección y Tratamiento de Patologías en Estructuras en Servicio.**

Para el diagnóstico de las patologías estructurales de concreto en servicio, se propone el **Método de Tres Niveles**, del cual se empleará solamente el primer nivel basado en el análisis no destructivo.

#### **2.2.12.1 Diagnóstico por el método de tres niveles.**

El diagnóstico es el proceso de reconocimiento, análisis y evaluación que se realiza para identificar una determinada situación, en este caso particular, para identificar las patologías estructurales del concreto en servicio. A partir de la identificación y estudio detallado de las patologías estructurales se realiza el pronóstico del comportamiento y el tipo de reparación.

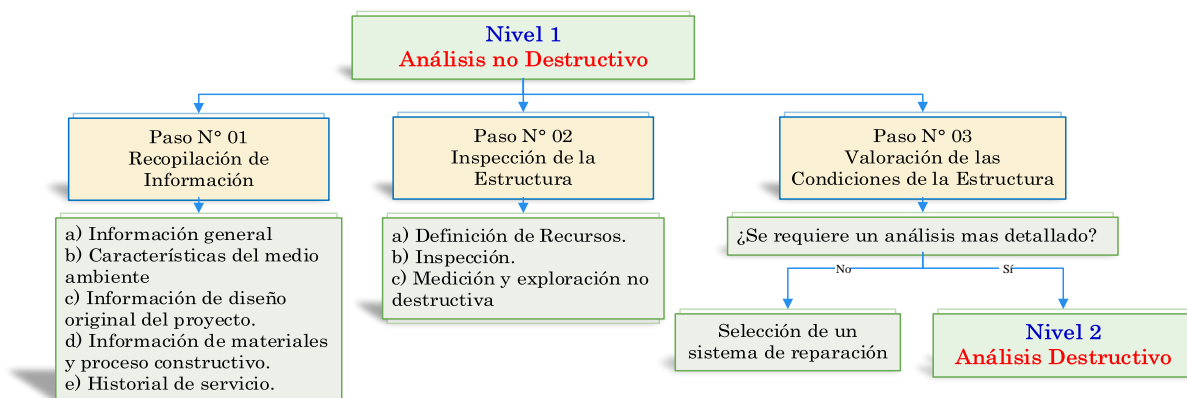
Para el estudio de la presente investigación se ha propuesto el método de tres niveles retroalimentativas con la información obtenida en la fase anterior de una manera sistemática, hasta llegar a una solución aceptable del tema en cuestión, tal como se muestra en la **Figura 22**, es un método propuesto por el Instituto Nacional de Carreteras de estados unidos.



**Figura 22.** Método de Tres Niveles  
**Fuente:** Avendaño, 2006

### 2.2.12.2 Nivel 1: Análisis no destructivo.

El primer nivel de análisis no destructivo es la fase preliminar de los siguientes niveles de análisis; en esta fase de la investigación se hace un reconocimiento general buscando información desde la fase de diseño y construcción, esta información será de gran ayuda para la generación de conclusiones sobre las patologías estructurales. Si la información obtenida en este nivel de investigación es insuficiente será necesario pasar al siguiente nivel de análisis destructivo retroalimentándose en los niveles precedentes de una manera sistemática.



**Figura 23.** Análisis no destructivo (Nivel 1)  
**Fuente:** Avendaño, 2006

En la **Figura 23** se muestran los procedimientos para el análisis no destructivo correspondiente al nivel 1. Estos mismo se detallan a continuación (Avendaño, 2006).

Según Avendaño (2006) y adaptación de la norma ACI-201-8, se realizan los siguientes procesos.

## **1. Paso N° 01: Recopilación de Información.**

### a. Información General.

- Nombre del proyecto.
- Ubicación y localización.
- Tipo de estructura.
- Propietario.
- Fecha de diseño, construcción y puesta en servicio.
- Diseñadores, consultores, constructores del proyecto.

### b. Características medioambientales.

- Humedad relativa.
- Presión.
- Régimen de vie lluvias.
- Temperatura.
- Características de las aguas.
- Identificación de sustancias agresivas.
- Tipo de contacto entre los elementos y las sustancias.
- Frecuencia y duración de la exposición.

### c. Información del diseño original del proyecto.

- Estudios preliminares: suelos, hidrológicos, geológicos y topográficos.
- Normas de diseño empleada.
- Memorias de cálculo estructural.
- Planos arquitectónicos, estructurales, sanitarios y electromecánicos.
- Especificaciones técnicas.

d. Información de los materiales y proceso constructivo utilizados.

- calidad de los materiales especificados en diseño y utilizados en obra.
- Verificación de los recubrimientos mínimos.
- Verificación del cuaderno de obra.

e. Historial de servicio

- Caracterizar los usos de la estructura.
- Verificación del reporte del personal de mantenimiento.
- Buscar evidencias documentarias de las reparaciones, remodelaciones de la estructura.
- Determinación de las características de los procesos operativos.
- Información previa de los estudios que se hayan realizado sobre la durabilidad, vulnerabilidad y patologías estructurales.

**2. Paso N° 02: Inspección física de la Estructura.**

a. Definición de Recursos.

- Recursos humanos para la inspección en sitio, tales como: personal especializado en topografía, técnicos de laboratorio, etc.
- Determinación del periodo de tiempo en el que se pueda llevar a cabo el estudio sin interrupción de la operación de la estructura.

b. Inspección.

El objetivo básico de la inspección es la identificación de los elementos estructurales que presentan alguna irregularidad o daño. Para ello será necesario lo siguiente:

- Autorización para el personal y equipos a la zona de estudio.
- Identificación y ubicación de los principales fenómenos patológicos.
  - ✓ Desplomes o inclinaciones
  - ✓ Planos de falla y fisuras o agrietamientos
  - ✓ Cambios de aspecto de la masa de concreto
  - ✓ Deflexiones
  - ✓ Aplastamientos
  - ✓ Erosión
  - ✓ Descascaramiento o delaminaciones
  - ✓ Polvo y cristalización en las superficies
  - ✓ Ablandamiento o pérdida de rigidez
  - ✓ Hinchamientos o expansiones

- ✓ Decoloración y manchas (eflorescencias)
  - ✓ Meteorización y lixiviación por fluidos
  - ✓ Corrosión del acero de refuerzo u otros metales embebidos
  - ✓ Deterioros biológicos
- Descripción de la condición de cargas soportada por los elementos estructurales, ubicación de los puntos de transmisión de las cargas gravitacionales, vivas, impactos, vibraciones y cargas dinámicas.
  - Identificación del patrón de comportamiento de grietas.
  - Identificación de las deformaciones y deflexiones de los elementos estructurales.
  - Identificación de filtraciones y/o derrames.
  - Documentar detalladamente evidencias que muestran deficiencias en los procedimientos de operación y mantenimiento de la infraestructura.

c. Mediciones y exploración no destructiva.

Esta fase consiste en realizar las mediciones físicas a las patologías observadas en cada elemento estructural.

- Las luces, desplazamientos, ángulos de inclinación, asentamientos y deformaciones.
- Ancho, profundidad y longitud de fisuras.
- Dimensión y ubicación de las zonas que presentan manchas, delaminaciones, Descascaramiento, erosión, lixiviación, eflorescencias y meteorización en general.

### 3. Paso N° 03: Valoración de las Condiciones de la Estructura.

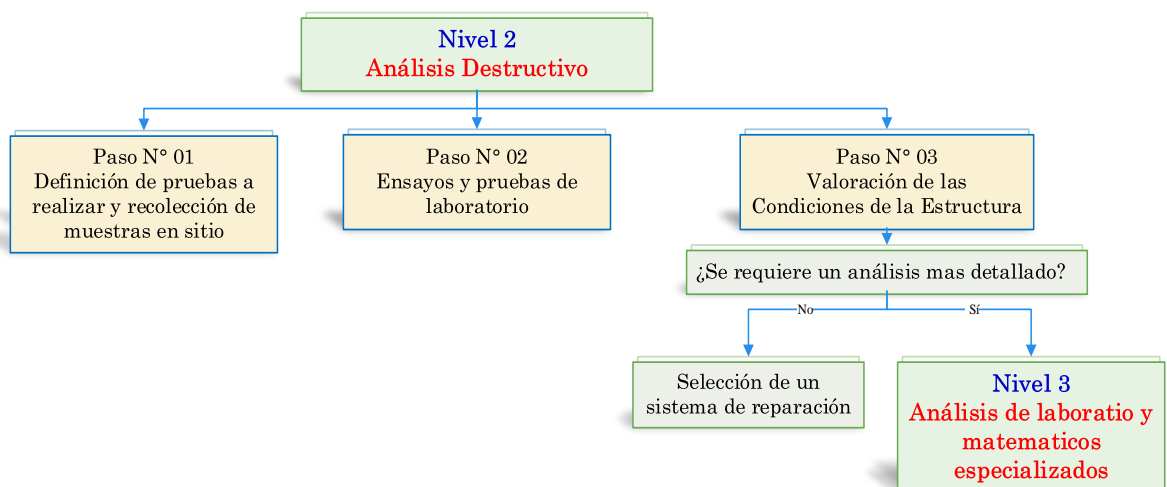
De los estudios realizados en los pasos N° 01 y N° 02 se deberá llegar a una valoración de resultados.

- Con toda la información de obtenida en este nivel se llega a una conclusión, donde se plantea los procesos de rehabilitación y/o reparación de la estructura.
- Si la información recopilada en el análisis no destructivo no es suficiente para extraer conclusiones será necesario realizar los estudios destructivos pasando de esta forma al nivel N° 02 de una forma sistemática, usando como base los datos recopilados en el nivel 1.

#### 2.2.12.3 Nivel 2: Análisis destructivo.

Si la información recopilada en el análisis no destructivo no es concluyente, será necesario realizar los estudios destructivos pasando de esta forma al nivel N° 02 de una forma sistemática, usando como base los datos recopilados en el nivel 1.

En este nivel de análisis se realiza un estudio más detallado, procediendo a realizar el estudio de la característica de los mecanismos de deterioro, con el empleo de sistemas de medición, ensayos destructivos, en la **Figura 24** se muestra el orden de los pasos requeridos para ejecutar el Nivel 2. (Avendaño, 2006)



**Figura 24.** Análisis Destructivo

**Fuente:** Avendaño, 2006



#### **2.2.12.4 Nivel 3: Análisis de laboratorio y matemáticos especializados.**

La aplicación de los modelos matemáticos especializados para el diagnóstico de estructuras está relacionada con los métodos de diseño por desempeño para garantizar la durabilidad que actualmente está en la fase de aplicación, Los modelos de diagnóstico especializados, necesitan recursos técnicos probabilísticos, empíricos y experimentales, para obtener datos representativos que sustenten las relaciones entre el mecanismo de deterioro y el conjunto de variables internas y externas que lo producen (*Avendaño, 2006*).

#### **2.2.13 Marco Normativo y Características de las aguas Residuales.**

##### **a. Constitución Política del Perú (29 diciembre de 1993)**

La constitución en su Capítulo 11 del Ambiente y los Recursos Naturales, señala:

- Art. 2°. Toda persona tiene derecho: a la paz, a la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.
- Art. 66°. Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento.
- Art. 67°. El estado determina la política nacional del ambiente.

##### **b. Según la ley N° 17752 “ley general de las aguas”**

En su Artículo 1 define que, las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado; y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.

Las disposiciones de la presente Ley comprenden las aguas marítimas, terrestres y atmosféricas del territorio y espacio nacionales; en todos sus estados físicos, las que con carácter enunciativo son:

- Las del mar que se extiende hasta las 200 millas;
- Los provenientes de las lluvias de formación natural y artificial;
- Los nevados y glaciares.
- Las de los ríos y sus afluentes; las de los arroyos, torrentes y manantiales, y las que discurren por cauces artificiales;
- Las de los lagos, lagunas y embalses de formación natural o artificial;
- Las subterráneas;
- Las mineras medicinales;
- Las servidas;
- Las producidas; y
- Las de desagües agrícolas, de filtraciones y drenaje.

**c. Estándares de calidad Ambiental (ECA)**

Según el Art. 31 de la ley N° 28611 “Ley general del ambiente”, los estándares de calidad ambiental (ECA) se definen como medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular

a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

**d. Límites máximos permisibles (LMP)**

Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (Ley N°28611, Art. 32).

En la **Tabla 9** se aprecian los límites máximos permisibles de los principales parámetros contaminantes para afluentes de la PTAR.

**Tabla 9.**  
*Límites máximos permisibles para los afluentes de la PTAR*

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP de Efluentes para Vertidos a Cuerpos de Agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes termotolerantes	NMP/100 MI	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
PH	Unidad	6.5 – 8.5
Sólidos totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

**Fuente:** MINAM (2010). Decreto supremo N° 003

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1 Perspectiva metodológica.**

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo debido a que se obtuvieron y/o recolectaron datos para determinar las patologías estructurales, y de la misma forma se realizó el análisis descriptivo de los fenómenos encontrados que también es característica del enfoque cuantitativo.

#### **3.2 Tipo de Investigación.**

La investigación fue **descriptiva**, por el tipo de esquema utilizado en la elaboración del presente trabajo de investigación.

#### **3.3 Diseño de Investigación.**

Se desarrolló un diseño no experimental, porque no se manipulan las variables de manera intencional. La recolección de datos de campo es transversal, porque se realiza en un solo momento y en un tiempo único, dando de esta forma la característica transversal.

### **3.4 Límites de la Investigación.**

#### **3.4.1 Limitación geográfica.**

La evaluación del sistema de tratamiento de aguas residuales corresponde netamente a la ciudad de Pomabamba, de esta forma, limitándose a las plantas de tratamiento que se encuentra en esta jurisdicción.

#### **3.4.2 Limitación temporal.**

Las visitas de inspección se desarrollaron entre fines del 2017 y mediados del 2018, como también se realizó la gestión al ATM – Pomabamba para la autorización de ingreso a las instalaciones del sistema de tratamiento.

Por otro lado, la entrega de muestras extraídas de los afluentes del PTAR, se realizaron dentro de las 24 horas de la extracción, de acuerdo a las condiciones del laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM.

#### **3.4.3 Limitación temática.**

La presente investigación se limitó al primer nivel de investigación que corresponde netamente al análisis no destructivo del método de tres niveles, que se vale de tres pasos para el desarrollo de la misma, los cuales son:

- Paso N° 01: Recopilación de la información.
- Paso N° 02: Inspección de la estructura.
- Paso N° 03: Valoración de las condiciones de la estructura.

Por lo tanto, en la investigación se incidió al análisis no destructivo en cuanto al diagnóstico de patologías estructurales de los componentes del sistema de tratamiento y la caracterización física del efluente.

### **3.5 Contexto.**

El sistema de tratamiento y evacuación de aguas residuales.

### **3.6 Unidad de análisis.**

#### **3.6.1 Población y Muestra.**

La muestra para la siguiente investigación es: el sistema de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Pomabamba.

La elección de la muestra fue no probabilística o del tipo intencional. La muestra es escogida intencionalmente considerando la antigüedad del sistema de tratamiento de aguas residuales de la mencionada ciudad; en la **Tabla 2** y la **Figura 1** se detalla la ubicación de los sistemas de tratamiento, encontrando un total de tres unidades de PTAR.

### **3.7 Métodos y recursos empleados.**

#### **3.7.1 Métodos.**

- a. Para la evaluación de la infraestructura física del sistema de tratamiento de las aguas residuales en cuanto al estudio patológico de las estructuras en servicio se empleó el Nivel 1 del método de Tres Niveles.

Se enfatizó la aplicación del análisis no destructivo basado en la descripción detallada de cada uno de las patologías encontradas en cada una de las estructuras componentes del sistema de tratamiento de aguas servidas.

Las principales patologías descritas son las siguientes:

- Las distorsiones en planta.
- Distorsiones en elevación.
- Deflexión.

- Expansión.
- Contracción.
- Fisuras.
- Descascaramiento
- Erosión.
- corrosión del acero de refuerzo.

Las características anteriores serán valoradas de la siguiente manera:

**Bueno (5.0 puntos)**

Estructura física o componente que se encuentra operativo, funciona dentro de sus parámetros técnicos y físicos, cumple la normatividad vigente, se encuentra dentro de su periodo de vida útil.

**Regular (2.5 puntos)**

Estructura física o componente que se encuentra operativo, cumple con limitaciones leves sus parámetros técnicos y físicos, cumple la normatividad vigente, se encuentra dentro de su periodo de vida útil y no cuenta con mantenimiento preventivo.

**Malo (0.0 puntos)**

Estructura física o componente que no se encuentra operativo; o está operativo y es obsoleto tecnológicamente, no cumple la normatividad vigente, tiene defectos técnicos y/o físicos severos y ha superado su tiempo de vida útil.

- b. Para la evaluación operacional del sistema de tratamiento de aguas residuales se realizó una descripción física detallada de las características físicas de las instalaciones sanitarias y análisis de laboratorio del efluente.

Para el análisis de la calidad del afluente se realizó una extracción de tres muestras en tres frascos de cada punto de inspección; estos frascos fueron proporcionadas por el laboratorio de calidad ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, los cuales fueron conducidos en una cadena de frío a las instalaciones del laboratorio dentro de 24 horas posteriores al muestreo.

Con el análisis de laboratorio del efluente se obtuvieron las siguientes características bajo los siguientes métodos:

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) con el método APHA 5210 B
  - Demanda Química de Oxígeno (DQO) con el método de oxidación cromosulfúrico.
  - Potencial de Hidrógeno (PH) con el método APHA 4500-H\*B-Versión 2012.
  - Coliformes Termotolerantes con el método APHA 9221C
- c. De la evaluación de la infraestructura física y operacional del sistema de tratamiento de aguas residuales se realizó una valoración de resultados para llegar a soluciones que ayuden mejorar el sistema en su conjunto.

### **3.7.2 Recursos empleados.**

Para lograr los objetivos trazados de esta investigación se emplearon varios recursos como son los siguientes:



- Para la recopilación de información de campo se utilizaron varios equipos y herramientas quienes fueron calibrados previo al ensayo, entre ellos tenemos:
  - Flexómetro.
  - Nivel de mano.
  - Cordel.
  - Escuadra.
  - Plomada.
  - Regla metálica milimetrada.
  - Marcadores (tiza).
  - Guantes quirúrgicos.
  - Mascarilla.
  - Frascos con cierre hermético.
  - Caja portable de cadena de frio.
  - Cámara fotográfica y etc.
  
- El análisis de laboratorio de la calidad del efluente del sistema de tratamiento se realizó en los laboratorios de calidad ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo “UNASAM”.

- A nivel bibliográfico, los elementos de consulta fueron de varias fuentes entre libros, tesis de grado y maestrías de distintas universidades extranjeras y nacionales relacionadas con el tema en cuestión.
- Para el procesamiento de información de los datos de campo y redacción de la investigación se utilizaron los siguientes: Computadora portátil y softwares como el Revit y AutoCAD de la familia Autodesk, Word, Excel y Visio de Microsoft Office. De la misma forma, se utilizó equipos de impresión y de papelería.
- En cuanto al recurso humano fue necesario la intervención del asesor de esta investigación el Ing. Marco Antonio Silva Lindo y como responsable del desarrollo de la misma a cargo del tesista Juan B. Gonzales Jaque.
- En cuanto a recursos financieros, el tesista costeo todos los gastos necesarios para la viabilidad de esta investigación.

### **3.8 Procedimiento de recolección, procesamiento y análisis de resultados.**

#### **3.8.1 Recolección de información.**

Para la recolección de los datos del proyecto de investigación se realizaron las siguientes actividades:

- ✓ Toma de datos de campo.
  - Visita a campo, se realizó la visita a los tres puntos de investigación y/o plantas de tratamiento de agua servidas ubicadas en el distrito capital.
  - Levantamiento patológico de estructuras en servicio, descripción detallada de cada patología en cada estructura componente del sistema de tratamiento, entre ellos tenemos: Las distorsiones en planta, distorsiones en elevación, deflexión,

expansión, contracción, fisuras, descascaramiento, erosión y corrosión del acero de refuerzo, los cuales fueron registrados en la ficha técnica de toma de datos “análisis no destructivo – inspección visual”

- Se realizó la descripción de las características del sistema de instalación y equipos sanitarios de las tres plantas de tratamiento de aguas residuales de manera independiente.
- Registro fotográfico.
- Recopilación de información a partir de la visita técnica, expedientes técnicos, entrevista a vecinos de la zona y autoridades.
- Toma de muestras para el análisis de laboratorio, en la PTAR N° 1 se realizó dos muestreos ubicados en el ingreso al tanque Imhoff y la segunda posterior al filtro biológico (Efluente).

En las PTAR's N° 02 y N° 03 el muestreo se realizó en el afluente, ubicado en el tramo final del sistema de tratamiento posterior al filtro biológico (efluente).

- ✓ Ensayos de laboratorio.

El muestreo realizado del afluente y efluente de las aguas servidas de los sistemas de tratamiento se condujeron a las instalaciones del laboratorio de calidad ambiental de la universidad nacional Santiago Antúnez de Mayolo dentro de las 24 horas posteriores al muestreo, para el estudio respectivo.

A partir del análisis de laboratorio se obtuvieron las siguientes características:

- Potencial de hidrogeno (PH).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).
- Demanda química de Oxígeno (DQO).
- Coliformes Fecales y Termofecales.

Los resultados del estudio de laboratorio se muestran en el Anexo 1.

### **3.8.2 Procesamiento de datos.**

Una vez realizado la recolección de información de campo se procedió con el procesamiento de la información.

Se digitalizaron las fichas técnicas de toma de datos “análisis no destructivo – inspección visual” y de las distintas fotografías de cada patología estructural se realizó la descripción detallada, en algunos casos las medidas y su clasificación por tipo. Entre los principales fenómenos patológicos encontrados son los siguientes: Las distorsiones en planta, distorsiones en elevación, deflexión, expansión, contracción, fisuras, descascaramiento, eflorescencia, erosión y corrosión del acero de refuerzo.

Por otro lado, con los resultados del laboratorio del estudio del afluente y efluente se realizaron cuadros comparativos con respecto a los porcentajes mínimos permisibles del DBO<sub>5</sub>, DQO, PH y coliformes fecales.

### **3.8.3 Análisis.**

Del levantamiento patológico de las estructuras en servicio se realizó la valoración de cada fenómeno, con los cuales llegamos a la conclusión de la suficiencia del primer nivel de investigación basado en el análisis no destructivo. Las patologías descritas se valoraron con los valores de 0.00, 2.50 y 5.00 como malo, regular y bueno respectivamente. Con estos

conceptos se llegó a la valoración final de la infraestructura física del sistema de tratamiento como **bueno**.

Para el análisis del funcionamiento hidráulico y sanitario se abordaron de dos campos que son los estudios realizados en laboratorio de los afluentes y efluentes, y de la descripción física del sistema de las instalaciones sanitarias. Del análisis de laboratorio, se analizaron las características de los resultados arrojados y las recomendaciones del reglamento con los porcentajes máximos permisibles (LMP) descritos en el ECA. Llegándose a verificar que la emisión de las aguas tratadas está dentro del margen aceptado por las normas. Por otro lado, se realizó un análisis descriptivo – valorativo de todo el sistema de instalación sanitaria valorada con los valores de 0.00, 2.50 y 5.00 como malo, regular y bueno respectivamente. Del cual se llega a valorar que las instalaciones sanitarias se califican como **mala**.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

Este capítulo tiene como objetivo mostrar los resultados de las pruebas realizadas, así como las tablas y gráficos que corresponde en base a los resultados que se obtuvieron durante el periodo de investigación. Vale recalcar que los ensayos de laboratorio fueron realizados en los laboratorios de calidad ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

#### **4.1 Evaluación de la infraestructura física del sistema de tratamiento.**

La evaluación patológica de la infraestructura se realizó de manera individual por cada planta de tratamiento y por cada estructura, tal como se muestra en la ficha técnica de toma de datos de campo mostradas en el anexo

##### **4.1.1 Planta de Tratamiento N° 01.**

La recolección de datos de campo se realizó con la ficha técnica N° 001 mostrada en el anexo, bajo este resultado se realizó el estudio respectivo.

En la **Figura 25**, se muestra una vista panorámica del Sistema de Tratamiento de Aguas residuales N° 01, ubicado cerca a las inmediaciones de los Baños termales de la Provincia de Pomabamba en las siguientes coordenadas UTM con datum WGS-84.

**Tabla 10.**  
*Coordenadas de la Ubicación de la PTAR N 01*

<b>Descripción</b>	<b>Coordenadas</b>
Este	229431.00
Norte	9023650.00
Elevación	2905.00



**Figura 25.** Vista panorámica de la PTAR N° 01

**a. Desarenador y cámara de rejillas.**

El desarenador y la cámara de rejillas está ubicado entre la línea final de emisión y el tanque Imhoff, como se puede apreciar en la **Figura 26** y **Figura 27**, la estructura se encuentra en un estado de funcionamiento hidráulico y sanitario aceptable, en la **Tabla 11** se muestran el resumen de la recolección de datos de campo.

**Tabla 11.***Resumen de la Inspección Visual - Desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 01*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Contacto con el agua.	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Impacto	No	----	
	Vibración	No	----	
	Tráfico	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	Si	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	2.50	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00	
	Poros	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	No	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	No	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	Si	5.00
		Cavitación	No	----
	Parches y/ reparaciones anteriores	No	----	





**Figura 26.** Vista general del desarenador y la cámara de rejas



**Figura 27.** Vista de las condiciones actuales del desarenador.

Las principales deficiencias y/o patologías encontradas en el desarenador y la cámara de rejas son los siguientes:

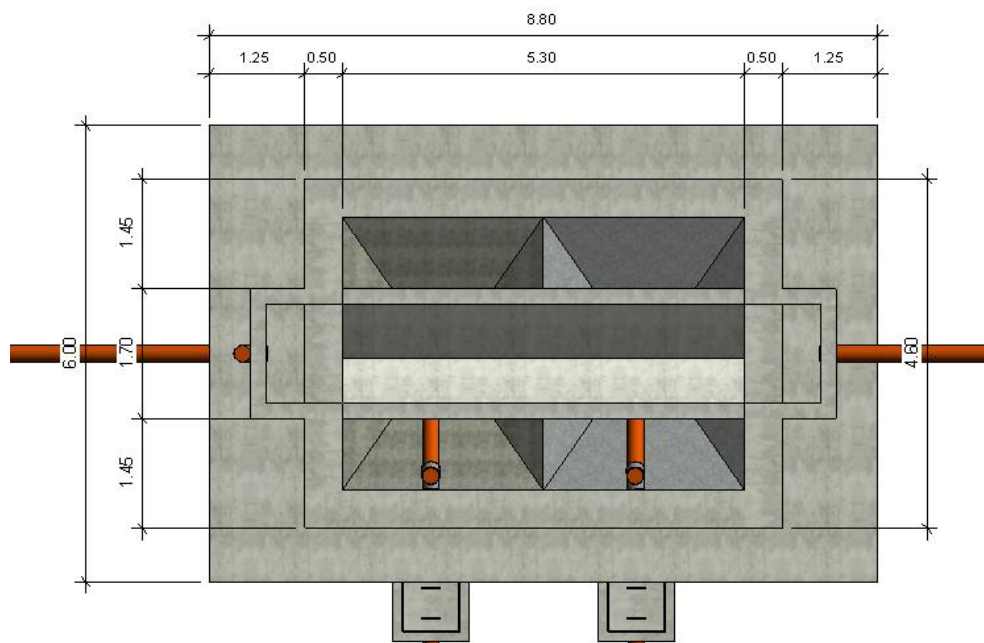
- **Contacto con el agua.** Este tipo de estructuras son diseñadas para estar en contacto.
- **Condiciones de carga.** La estructura esta impuesta a las siguientes cargas como: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica y la carga sísmica.

- **Asentamiento.** La estructura presenta asentamiento debido a la calidad de suelo de cimentación; porque la estructura está construida sobre el relleno del muro de contención.
- **Abrasión.** La estructura al estar en contacto con las aguas residuales esta impuesta al fenómeno de la abrasión por efecto de los sedimentos que esta trae consigo.

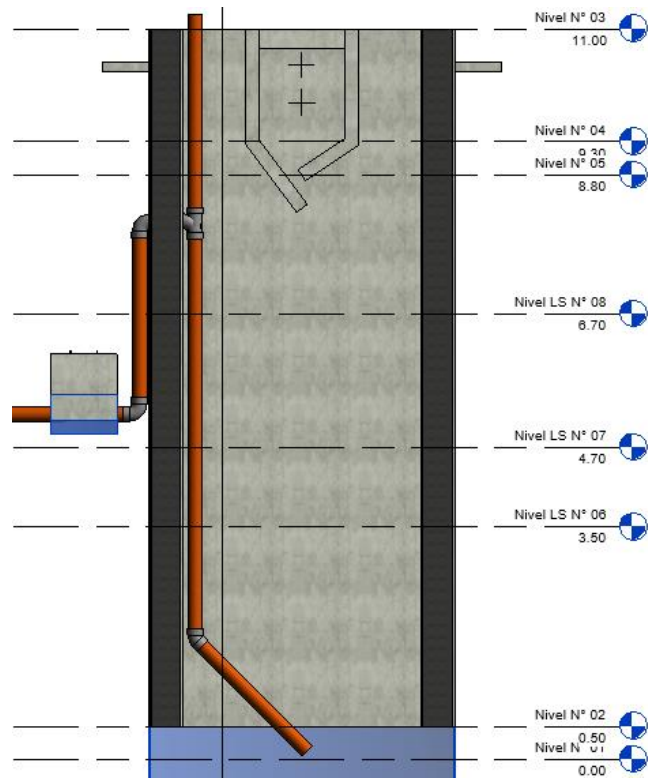
A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado.

#### b. Tanque Imhoff.

El tanque Imhoff es un contenedor de líquidos que presenta tres partes entre ellos: la cámara de Natas y Ventilación, Cámara de sedimentación, la cámara de digestión con dos unidades de tolva para extracción de lodos; la estructura presenta las dimensiones mostradas en la **Figura 28** y **Figura 29** con una altura total de 11.00 m, tarrajeo interior de 3cm:



**Figura 28.** Planta del Tanque Imhoff.



**Figura 29.** Corte del Tanque Imhoff.

Además, la estructura se encuentra semi enterrada en una fundación de suelo estable como se muestra en la **Figura 30**.



**Figura 30.** Vista del Tanque Imhoff



**Figura 31.** Vista de la Eflorescencia en el tanque Imhoff



**Figura 32.** Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.

Las principales deficiencias estructurales e hidráulicas encontradas en la mencionada estructura son las que se muestran en la **Tabla 11** y mayores detalles en el anexo, donde se adjunta la Ficha Técnica de Recolección de Datos de Campo.

A continuación, se detallan las principales patologías.

- **Humectación y secado.** Este tipo de estructuras la mayor parte de la vida útil se encuentran a tanque lleno, a excepción de los días que se realiza el mantenimiento y/o extracción de lodos tal como se muestra en la **Figura 32** y **Figura 33**.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 33.** Vista de las Fisuras en el Tarrajeo.

- **Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).** Esta estructura al simple hecho de estar en contacto con las aguas residuales se encuentra sometido a este tipo de ataques, en esta ocasión no se percibe ningún tipo de corrosión.
- **Condiciones de Carga.** Las condiciones de carga a las cuales esta impuesta son las siguientes: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica, empuje de suelos y la carga sísmica.

Frente a la imposición de las cargas mencionadas la estructura muestra un gran comportamiento estructural al no presentar ningún inconveniente.

**Tabla 12.**  
*Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 01*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).	Si	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Impacto	No	----
	Vibración	No	----
	Tráfico	No	----
	Sísmico	Si	5.00
	Hidráulica	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
	Evidencia de bombeo	No	----
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	Si	2.50
	Fugas	No	5.00
Alineamiento general de la estructura	Asentamiento	No	5.00
	Desviación	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00
	Poros	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	Si	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
	Erosión	Abrasión	Si
Cavitación		No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente	2.50
	Tubería de Salida al Lecho de Secado	Deficiente	0.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00

- **Juntas frías.** La estructura presenta una altura total de 11.00 m, razón por la cual en el proceso constructivo se han considerado juntas frías de construcción horizontal cada 2,40 m de altura tal como se puede apreciar en la **Figura 31**. Mas no presenta ninguna junta fría de construcción vertical.
- **Agrietamiento.** La estructura no presenta agrietamientos significativos, solo, se encuentran fisuras superficiales en el tarrajeo interior de tanque, estos efectos se perciben en la **Figura 32** y **Figura 33**.
- **Manchas, eflorescencias.** La eflorescencia es un residuo de sales de color blanco con textura polvosa, este fenómeno es generado a causa de la humedad y ocurre con la disolución de las sales contenidos en el concreto y son transportados por la humedad a la superficie a través de la acción capilar, cuando estas llegan a la superficie reaccionan con CO<sub>2</sub> contenido en el medio ambiente dejando depósitos minerales de color blanco al evaporarse la humedad.

La estructura presenta eflorescencias casi en la mayor parte de las juntas frías horizontales como se pueden apreciar en las **Figura 30** y **Figura 31**.

Para evitar las manifestaciones de eflorescencia en el concreto se debe proteger de la humedad aislándola y/o impermeabilizando.

- **Abrasión.** Se define como la resistencia a la abrasión al grado de oposición de una superficie de concreto a ser desgastada por la fricción o roce, generalmente se experimentan en estructuras hidráulicas como es el caso. Por lo tanto, esta estructura esta estructura es resistente a la abrasión por no presentar desgaste en las superficies en rozamiento como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 34.** Vista de la estructura expuesta a erosión.

- **Condiciones de las instalaciones sanitarias.** Las instalaciones sanitarias del tanque Imhoff se encuentran colapsadas tal como se aprecian en la **Figura 34**, **Figura 35** y **Figura 36**.

La tubería de ingreso al tanque Imhoff está en estado de colapso porque está expuesto a la intemperie y se encuentra “resecado” y, además, se aprecia el asentamiento del suelo haciendo que dicha tubería está trabajando como sifón al presentar las pendientes no adecuadas.



**Figura 35.** Vista de Tubería de salida al filtro biológico





**Figura 36.** Tubería de ingreso al tanque Imhoff

La tubería de salida al Lecho de Secado ya no cumple las funciones para las cuales fue diseñado, como se aprecia en la **Figura 34**, las tuberías de succión de lodos están colapsadas.

La tubería de salida al filtro biológico ya no desempeña su función porque las tuberías de succión de lodos están improvisando la función de ésta, como se aprecia en la **Figura 35**.

La altura de sedimentación en el interior de tanque Imhoff es de 3.00 m. medido desde la corona con un cordel y una piedra hasta la parte superior del sedimento es de 8.00 m haciendo un total de 11.00 m el procedimiento se muestra en la figura 40

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias calificadas como **mala**.



**Figura 37.** Medición de sedimentos

**c. Lecho de Secado.**

El lecho de secado es una estructura para el tratamiento de lodos extraído del tanque Imhoff, las dimensiones que se contemplan son los mostrados en la **Tabla 13**:

**Tabla 13.**  
*Dimensiones del lecho de secado PTAR - 1*

<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura de Muro (m)</b>	<b>Espesor de Muro (m)</b>
17.20	9.00	1.20	0.20

Presenta tijerales de madera y cobertura de calamina soportados por columnas de concreto de 0.20mx0.20m con 3 losas de salpicadura sobre vigas de concreto de 0.25x0.40 tal como se muestra en la **Figura 39** y **Figura 40**.



**Figura 38.** Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 01



**Figura 39.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 01



**Figura 40.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 01



**Figura 41.** Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado de la PTAR N° 01.

De las figuras mostradas se puede visualizar las principales deficiencias como son las instalaciones sanitarias en mal estado improvisando trabajos de extracción del líquido del tanque Imhoff en vez de extraer lodo, apreciado en la **Figura 40** del mismo modo, las tuberías están expuestas a la intemperie.

Por otro lado, se puede apreciar fisuras en el tarrajeo de los muros, pero, estas son solamente superficiales de modo que la estructura está en un estado de funcionamiento aceptable.

En la **Tabla 14** se muestran las principales patologías encontradas en la visita a campo.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias calificadas como **mala**.

**Tabla 14.***Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 01*

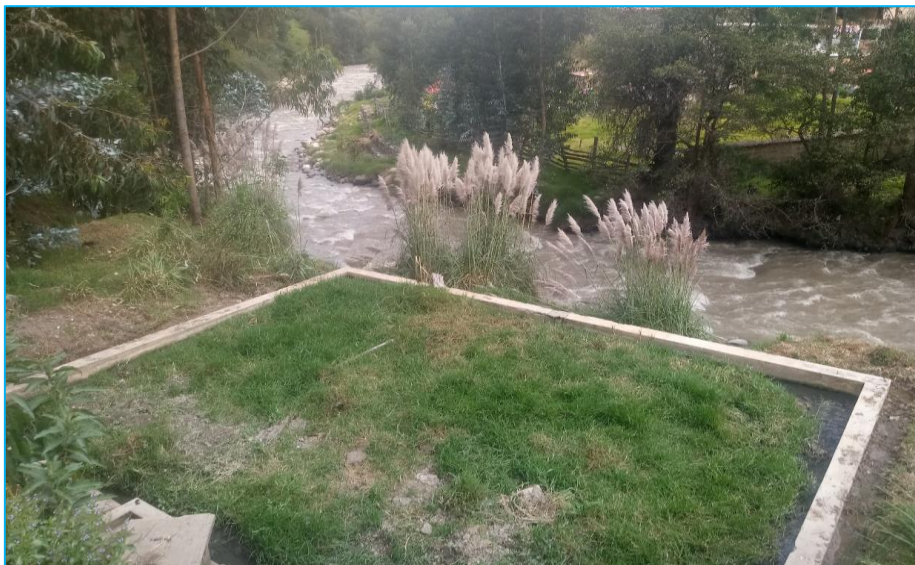
<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque.	No	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Vibración	No	----
	Sísmico	Si	5.00
	Hidráulica	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
	Evidencia de bombeo	No	----
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00
	Fugas	No	5.00
Alineamiento general de la estructura	Asentamiento	No	5.00
	Desviación	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	No	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
	Erosión	Abrasión	Si
Cavitación		No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Deficiente	0.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Eficiente	5.00

**d. Filtro Biológico.** El filtro biológico es la última estructura de tratamiento de aguas residuales donde se realiza el filtrado descendente de las aguas residuales a base de arena y grava, a este punto llegan los efluentes del Tanque Imhoff y los Lixiviados del lecho de secado para ser filtrados y eliminados a un cuerpo receptor.

Las dimensiones de esta estructura se muestran en la **Tabla 15**:

**Tabla 15.**  
*Dimensiones del filtro biológico - PTAR 01*

Largo (m)	Ancho (m)	Altura de Muro (m)	Espesor de Muro (m)
8.30	6.50	2.50	0.20



**Figura 42.** Vista del filtro biológico de la PTAR N° 01

De la figura anterior se observa que el filtro biológico está colapsado por la presencia de vegetación sobre el filtro obstaculizando ésta el filtrado normal de las aguas. En consecuencia, las aguas provenientes del tanque Imhoff y el lecho de secado pasan directamente al cuerpo receptor. Los principales fenómenos patológicos encontrados en campo son:

**Tabla 16.***Resumen de la Inspección Visual – Filtro Biológico - PTAR N° 01*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque	No	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Impacto	No	----
	Sísmico	Si	5.00
	Hidráulica	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
	Evidencia de bombeo	No	----
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00
	Fugas	No	5.00
Alineamiento general de la estructura	Asentamiento	No	5.00
	Desviación	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	No	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
	Erosión	Abrasión	No
Cavitación		No	----
Parches y/ reparaciones anteriores	No	----	
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Eficiente	5.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias.

#### 4.1.2 Planta de Tratamiento N° 02.

La recolección de datos de campo se realizó con la ficha técnica N° 002 mostrada en el anexo, bajo este resultado se realizó el estudio respectivo.

En la **Figura 43** se muestra una vista panorámica del Sistema de Tratamiento de Aguas residual N° 02, ubicado en las siguientes coordenadas UTM con datum WGS-84.

**Tabla 17.**  
*Coordenadas de Ubicación de la PTAR N 02*

Descripción	Coordenadas
Este	229224.00
Norte	9023939.00
Elevación	2925.00



**Figura 43.** Vista panorámica de la PTAR N° 02



**a. Desarenador y cámara de rejillas.**

El desarenador y la cámara de rejillas está ubicado entre la línea final de emisión y la PTAR, como se puede apreciar en la **Figura 44** y **Figura 45**, la estructura se encuentra en un estado de funcionamiento hidráulico y sanitario aceptable, en la **Tabla 16** se muestran el resumen de la recolección de datos de campo.



**Figura 44.** Vista general del desarenador y la cámara de rejillas



**Figura 45.** Vista de las condiciones actuales del desarenador

**Tabla 18.***Resumen de la Inspección Visual - desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 02*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Contacto con el agua.	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Impacto	No	----	
	Vibración	No	----	
	Tráfico	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	Si	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	5.00	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00	
	Poros	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	No	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	No	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	Si	5.00
		Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----	

Las principales deficiencias y/o patologías encontradas en el desarenador y la cámara de rejillas son los siguientes:

- **Contacto con el agua.** Este tipo de estructuras son diseñadas para estar en contacto.
- **Condiciones de carga.** La estructura esta impuesta a las siguientes cargas como: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica y la carga sísmica.
- **Abrasión.** La estructura al estar en contacto **con** las aguas residuales esta impuesta al fenómeno de la abrasión por efecto de los sedimentos que esta trae consigo.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado.

#### **b. Tanque Imhoff.**

El tanque Imhoff es un contenedor de líquidos que presenta tres partes entre ellos: la cámara de Natas y Ventilación, Cámara de sedimentación, la cámara de digestión con dos unidades de tolva para extracción de lodos; la estructura presenta las dimensiones mostradas en la **Figura 28** y **Figura 29** con una altura total de 11.00 m, tarrajeo interior de 3cm:

Además, la estructura se encuentra semi enterrada en una fundación de suelo estable como se muestra en la **Figura 46** y **Figura 47**.



**Figura 46.** Vista del Tanque Imhoff



**Figura 47.** Vista de la Efluentes en el tanque Imhoff



**Figura 48.** Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.

Las principales deficiencias estructurales e hidráulicas encontradas en la mencionada estructura son las que se muestran en la **Tabla 17** y mayores detalles en el anexo, donde se adjunta la Ficha Técnica de Recolección de Datos de Campo.

A continuación, se detallan las principales patologías.

- **Humectación y secado.** Este tipo de estructuras la mayor parte de la vida útil se encuentran a tanque lleno, a excepción de los días que se realiza el mantenimiento y/o extracción de lodos tal como se muestra en la **Figura 49**.



(a)



(b)



(c)



(d)

**Figura 49.** Vista de la Fisuras en el Tarrajeo (a, b, c y d)

- **Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).** Esta estructura al simple hecho de estar en contacto con las aguas residuales se encuentra sometido a este tipo de ataques, en esta ocasión no se percibe ningún tipo de corrosión.
- **Condiciones de Carga.** Las condiciones de carga a las cuales esta impuesta son las siguientes: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica, empuje de suelos y la carga sísmica.

Frente a la imposición de las cargas mencionadas la estructura muestra un gran comportamiento estructural al no presentar ningún inconveniente.

**Tabla 19.**  
Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 02

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Humectación y secado	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).	Si	5.00	
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Impacto	No	----	
	Vibración	No	----	
	Tráfico	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	Si	2.50	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	No	5.00	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00	
	Poros	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	Si	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	Si	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	Si	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	Si	5.00
		Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores	No	----		
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente	0.00	
	Tubería de Salida al Lecho de Secado	Deficiente	0.00	
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00	

- **Juntas frías.** La estructura presenta una altura total de 11.00 m, razón por la cual en el proceso constructivo se han considerado juntas frías cada 2,40 m de altura tal como se puede apreciar en las **Figura 46** y **Figura 47**. Estas juntas son de carácter horizontal mas no se encuentra ninguna junta fría vertical.
- **Agrietamiento.** La estructura no presenta agrietamientos significativos, solamente, se encuentran fisuras superficiales en el tarrajeo interior de tanque, estos efectos se perciben en la **Figura 48** y **Figura 49**.
- **Manchas, eflorescencias.** La eflorescencia es un residuo de sales de color blanco con textura polvosa, este fenómeno es generado a causa de la humedad y ocurre con la disolución de las sales contenidos en el concreto y son transportados por la humedad a la superficie a través de la acción capilar, cuando estas llegan a la superficie reaccionan con CO<sub>2</sub> contenido en el medio ambiente dejando depósitos minerales de color blanco al evaporarse la humedad.

La estructura presenta eflorescencias casi en la mayor parte de las juntas frías horizontales como se pueden apreciar en la **Figura 46** y **Figura 47**.

Para evitar las manifestaciones de eflorescencia en el concreto se debe proteger de la humedad aislándola y/o impermeabilizando.

- **Abrasión.** Se define como la resistencia a la abrasión al grado de oposición de una superficie de concreto a ser desgastada por la fricción o roce, generalmente se experimentan en estructuras hidráulicas como es el caso. Por lo tanto, esta estructura esta estructura es resistente a la abrasión por no presentar desgaste en las superficies en rozamiento como se muestra en la **Figura 50**.



**Figura 50.** Vista de la estructura expuesta a erosión.

- **Condiciones de las instalaciones sanitarias.** Las instalaciones sanitarias del tanque Imhoff se encuentran colapsadas tal como se aprecian en la **Figura 48** y **Figura 49**.

La tubería de ingreso al tanque Imhoff está en buenas condiciones de funcionamiento.



**Figura 51.** Vista de Tubería de salida al filtro biológico



**Figura 52.** Tubería de ingreso al lecho de secado



La tubería de salida al Lecho de Secado ya no cumple las funciones para las cuales fue diseñado, como se aprecia en la **Figura 52** las tuberías de succión de lodos están colapsadas.

La tubería de salida al filtro biológico ya no cumple su función porque las tuberías de succión de lodos están improvisando la función de ésta, como se aprecia en la **Figura 51**.

La altura de sedimentación en el interior de tanque Imhoff es de 3.50 m. medido desde la corona con un cordel y una piedra hasta la parte superior del sedimento es de 7.50 m haciendo un total de 11.00 m.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias calificadas como **mala**.

### c. Lecho de Secado.

El lecho de secado es una estructura para el tratamiento de lodos extraído del tanque Imhoff, las dimensiones de la estructura se contemplan en la **Tabla 20**:

**Tabla 20.**  
*Dimensiones del lecho secado del PTAR - 02*

Largo (m)	Ancho (m)	Altura de Muro (m)	Espesor de Muro (m)
17.20	9.00	1.20	0.20

Presenta tijerales de madera y cobertura de calamina soportados por columnas de concreto de 0.20mx0.20m con 3 losas de salpicadura sobre vigas de concreto de 0.25x0.40 tal como se muestra en la **Figura 53** y **Figura 54**.



**Figura 53.** Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 02



**Figura 54.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 02



**Figura 55.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 02



**Figura 56.** Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado de la PTAR N° 01.

De las figuras mostradas se puede visualizar que las instalaciones sanitarias dentro del lecho de secado ya no existen.

Por otro lado, se puede apreciar fisuras en el tarrajeo de los muros, pero, estas son solamente superficiales de modo que la estructura está en un estado de funcionamiento aceptable.

En la **Tabla 21** se muestra las principales patologías encontradas en la visita a campo.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias.

**Tabla 21.**  
*Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 02*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque.	No	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Vibración	No	----
	Sísmico	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si	5.00
	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
Indicadores de Peligro	Evidencia de bombeo	No	----
	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00
Alineación general de la estructura	Fugas	No	5.00
	Asentamiento	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Desviación	No	5.00
	Suavidad	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	No	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
Erosión	Abrasión	Si	5.00
	Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Deficiente	0.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Eficiente	5.00

**d. Filtro Biológico.** El filtro biológico es la última estructura de tratamiento de aguas residuales donde se realiza el filtrado descendente de las aguas residuales a base de arena y grava, a este punto llegan los efluentes del Tanque Imhoff y los Lixiviados del lecho de secado para ser filtrados y eliminados a un cuerpo receptor.

Las dimensiones de la estructura se muestran en la **Tabla 22**:

**Tabla 22.**  
*Dimensiones del filtro biológico del PTAR -02*

Largo (m)	Ancho (m)	Altura de Muro (m)	Espesor de Muro (m)
8.30	6.50	2.50	0.20



**Figura 57.** Vista del Filtro Biológico de la PTAR N° 02

En la **Figura 57** puede observar que el filtro biológico está colapsado por la presencia de vegetación sobre el filtro, obstaculizando ésta, el filtrado normal de las aguas. En consecuencia, las aguas provenientes del tanque Imhoff y el lecho de secado pasan directamente al cuerpo receptor. Los principales fenómenos patológicos encontrados en campo se aprecian en la **Tabla 23**:

**Tabla 23.***Resumen de la Inspección Visual – Filtro biológico de la PTAR N° 02*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque	No	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Impacto	No	----
	Sísmico	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si	5.00
	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
Indicadores de Peligro	Evidencia de bombeo	No	----
	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00
Alineación general de la estructura	Fugas	No	5.00
	Asentamiento	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Desviación	No	5.00
	Suavidad	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	No	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
Erosión	Abrasión	No	5.00
	Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Eficiente	5.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias.

#### 4.1.3 Planta de Tratamiento N° 03.

La recolección de datos de campo se realizó con la ficha técnica N° 003 mostrada en el anexo, bajo este resultado se realizó el estudio respectivo.

En la **Figura 58** se muestra una vista panorámica del Sistema de Tratamiento de Aguas residual N° 03, ubicado en el barrio de Yanapampa de la Provincia de Pomabamba en las siguientes coordenadas UTM con datum WGS-84.

**Tabla 24.**  
*Coordenadas de la Ubicación de la PTAR 3*

<b>Descripción</b>	<b>Coordenadas</b>
Este	228952.00
Norte	9024328.00
Elevación	2926.00



**Figura 58.** Vista panorámica de la PTAR N° 03

**e. Desarenador y cámara de rejillas.**

El desarenador y la cámara de rejillas está ubicado entre la línea final de emisión y la PTAR, como se puede apreciar en la **Figura 59** y **Figura 60**, la estructura se encuentra en un estado de funcionamiento hidráulico y sanitario aceptable, en la **Tabla 25** se muestran el resumen de la recolección de datos de campo.



**Figura 59.** Vista general del desarenador y la cámara de rejillas



**Figura 60.** Vista de las condiciones actuales del desarenador.



**Tabla 25.***Resumen de la Inspección Visual - desarenador y cámara de rejillas - PTAR N° 03*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Contacto con el agua.	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Impacto	No	----	
	Vibración	No	----	
	Tráfico	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	Si	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	2.50	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00	
	Poros	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	No	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	No	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	Si	5.00
		Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores		No	----	

Las principales deficiencias y/o patologías encontradas en el desarenador y la cámara de rejillas son los siguientes:

- **Contacto con el agua.** Este tipo de estructuras son diseñadas para estar en contacto.
- **Condiciones de carga.** La estructura esta impuesta a las siguientes cargas como: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica y la carga sísmica.
- **Abrasión.** La estructura al estar en contacto con las aguas residuales esta impuesta al fenómeno de la abrasión por efecto de los sedimentos que esta trae consigo.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como buena. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado.

#### **f. Tanque Imhoff.**

El tanque Imhoff es un contenedor de líquidos que presenta tres partes entre ellos: la cámara de Natas y Ventilación, Cámara de sedimentación, la cámara de digestión con dos unidades de tolva para extracción de lodos; la estructura presenta las dimensiones mostradas en la **Figura 28** y **Figura 29** con una altura total de 11.00 m, tarrajeo interior de 3cm:

Además, la estructura se encuentra semi enterrada en una fundación de suelo estable como se muestra en la **Figura 61**.



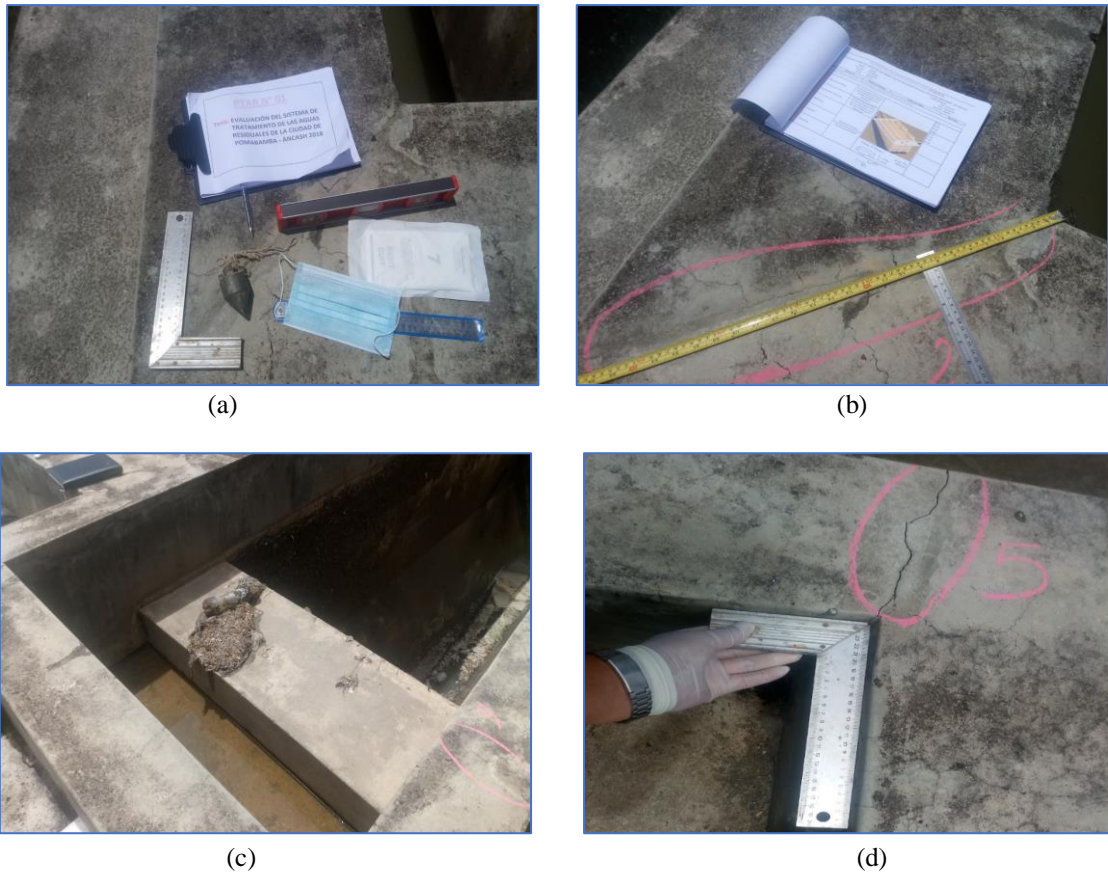
**Figura 61.** Vista del Tanque Imhoff



**Figura 62.** Vista de la Eflorescencia en el tanque Imhoff



**Figura 63.** Vista de las condiciones actuales del Tanque Imhoff.



**Figura 64.** Vista de la Fisuras en el Tarrajeo

Las principales deficiencias estructurales e hidráulicas encontradas en la mencionada estructura son las que se muestran en la **Tabla 26** y mayores detalles en el anexo, donde se adjunta la Ficha Técnica de Recolección de Datos de Campo.

A continuación, se detallan las principales patologías.

- **Humectación y secado.** Este tipo de estructuras la mayor parte de la vida útil se encuentran a tanque lleno, a excepción de los días que se realiza el mantenimiento y/o extracción de lodos tal como se muestra en la **Figura 63**
- **Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).** Esta estructura al simple hecho de estar en contacto con las aguas residuales se encuentra sometido a este tipo de ataques, en esta ocasión no se percibe ningún tipo de corrosión.

- **Condiciones de Carga.** Las condiciones de carga a las cuales esta impuesta son las siguientes: la carga muerta, carga viva, carga hidráulica, empuje de suelos y la carga sísmica.

Frente a la imposición de las cargas mencionadas la estructura muestra un gran comportamiento estructural al no presentar ningún inconveniente.

- **Juntas frías.** La estructura presenta una altura total de 11.00 m, razón por la cual en el proceso constructivo se han considerado juntas frías cada 2,40 m de altura tal como se puede apreciar en la **Figura 61** y **Figura 62**. Estas juntas de construcción frías son de carácter horizontal mas no se encuentra ninguna junta fría vertical.
- **Agrietamiento.** La estructura no presenta agrietamientos significativos, solamente, se encuentran fisuras superficiales en el tarrajeo interior de tanque, estos efectos se perciben en la **Figura 64**.
- **Manchas, eflorescencias.** La eflorescencia es un residuo de sales de color blanco con textura polvosa, este fenómeno es generado a causa de la humedad y ocurre con la disolución de las sales contenidos en el concreto y son transportados por la humedad a la superficie a través de la acción capilar, cuando estas llegan a la superficie reaccionan con CO<sub>2</sub> contenido en el medio ambiente dejando depósitos minerales de color blanco al evaporarse la humedad.

La estructura presenta eflorescencias casi en la mayor parte de las juntas frías horizontales como se pueden apreciar en la **Figura 61** y **Figura 62**.

Para evitar las manifestaciones de eflorescencia en el concreto se debe proteger de la humedad aislándola y/o impermeabilizando.

**Tabla 26.**  
*Resumen de la Inspección Visual - Tanque Imhoff - PTAR N° 03*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>	
Exposición	Congelación y descongelación	No	----
	Humectación y secado	Si	5.00
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros).	Si	5.00
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si	5.00
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00
	Viva	Si	5.00
	Impacto	No	----
	Vibración	No	----
	Tráfico	No	----
	Sísmico	Si	5.00
	Hidráulica	Si	5.00
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00
	Evidencia de bombeo	No	----
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00
	Tensión	No	5.00
	Depósitos superficiales y exudaciones.	Si	2.50
	Fugas	No	5.00
Alineación general de la estructura	Asentamiento	No	5.00
	Desviación	No	5.00
Condición superficial del Concreto	Suavidad	No	5.00
	Poros	No	5.00
	Áreas blandas	No	5.00
	Juntas frías	Si	5.00
	Tensión	No	5.00
	Agrietamiento	Si	5.00
	Descascaramiento	No	5.00
	Incrustaciones	No	5.00
	Manchas, eflorescencias	Si	5.00
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00
	Deformaciones	No	5.00
	Erosión	Abrasión	Si
	Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores	No	----	
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente	2.50
	Tubería de Salida al Lecho de Secado	Deficiente	0.00
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00

- **Abrasión.** Se define como la resistencia a la abrasión al grado de oposición de una superficie de concreto a ser desgastada por la fricción o roce, generalmente se experimentan en estructuras hidráulicas como es el caso. Por lo tanto, esta estructura esta estructura es resistente a la abrasión por no presentar desgaste en las superficies en rozamiento como se muestra en la siguiente figura.



**Figura 65.** Vista de la estructura expuesta a erosión.

- **Condiciones de las instalaciones sanitarias.** Las instalaciones sanitarias del tanque Imhoff se encuentran colapsadas tal como se aprecian en la **Figura 66** y **Figura 67**.

La tubería de ingreso al tanque Imhoff está en condiciones de trabajo aceptable mientras que la tubería de salida al filtro biológico se encuentra colapsada.



**Figura 66.** Tubería de salida al Lecho de Secado



**Figura 67.** Vista de Tubería de salida al filtro biológico

La tubería de salida al Lecho de Secado ya no cumple las funciones para las cuales fue diseñado, como se aprecia en la **Figura 66** las tuberías de succión de lodos están colapsadas.

La altura de sedimentación en el interior de tanque Imhoff es de 2.50 m. medido desde la corona con un cordel y una piedra hasta la parte superior del sedimento es de 8.50 m haciendo un total de 11.00 m.

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias calificada como **mala**.

#### **g. Lecho de Secado.**

El lecho de secado es una estructura para el tratamiento de lodos extraído del tanque Imhoff, las dimensiones se contemplan en la **Tabla 27**:



**Tabla 27.**

*Dimensiones del lecho de secado del PTAR -03*

<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura de Muro (m)</b>	<b>Espesor de Muro (m)</b>
12.90	9.00	1.20	0.20

Presenta tijerales de madera y cobertura de calamina soportados por columnas de concreto de 0.20mx0.20m con 2 losas de salpicadura sobre vigas de concreto de 0.25x0.40 tal como se muestra en la **Figura 68** y **Figura 69**.



**Figura 68.** Vista general del Lecho de Secado de la PTAR N° 03



**Figura 69.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 03



**Figura 70.** Vista interior del lecho de secado de la PTAR N° 03



**Figura 71.** Vista de instalaciones sanitarias en el lecho de secado

De las figuras mostradas se puede visualizar las principales deficiencias como son las instalaciones sanitarias que en la actualidad ya no existen

Por otro lado, se puede apreciar fisuras en el tarrajeo de los muros, pero, estas son solamente superficiales de modo que la estructura está en un estado de funcionamiento aceptable.

En la **Tabla 28** se muestra las principales patologías encontradas en la visita a campo.

**Tabla 28.***Resumen de la Inspección Visual – Lecho de Secado - PTAR N° 03*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Humectación y secado	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque.	No	5.00	
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Vibración	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	No	5.00	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del concreto	Suavidad	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	Si	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	Si	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	No	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	Si	5.00
		Cavitación	No	----
	Parches y/ reparaciones anteriores	No	----	
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Deficiente	0.00	
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Eficiente	5.00	

A partir de los fenómenos analizados llegamos a concluir que la estructura está en un estado de funcionamiento calificado como **buena**. Por lo que la estructura sigue brindando el servicio cumpliendo las funciones para las cuales fue diseñado a excepción de las instalaciones sanitarias.

**h. Filtro Biológico.** El filtro biológico es la última estructura de tratamiento de aguas residuales donde se realiza el filtrado descendente de las aguas residuales a base de arena y grava, a este punto llegan los efluentes del Tanque Imhoff y los Lixiviados del lecho de secado para ser filtrados y eliminados a un cuerpo receptor. Las dimensiones se muestran en la **Tabla 29**.

**Tabla 29.**  
*Dimensiones del filtro biológico del PTAR -03*

<b>Largo (m)</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura de Muro (m)</b>	<b>Espesor de Muro (m)</b>
8.30	6.50	2.5	0.20



**Figura 72.** Vista del Filtro Biológico de la PTAR N° 03

De la figura anterior se observa que el filtro biológico se encuentra colapsado por la presencia de vegetación sobre el filtro, obstaculizando ésta, el filtrado normal de las aguas. En consecuencia, las aguas provenientes del tanque Imhoff y el lecho de secado pasan directamente al cuerpo receptor. Los principales fenómenos patológicos encontrados en campo son:

**Tabla 30.***Resumen de la Inspección Visual – Filtro Biológico - PTAR N° 03*

<b>Descripción</b>	<b>Patología</b>	<b>Valoración</b>		
Exposición	Congelación y descongelación	No	----	
	Humectación y secado	Si	5.00	
	Corrosión química y ataque	No	5.00	
	Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No	5.00	
Condiciones de carga	Muerta	Si	5.00	
	Viva	Si	5.00	
	Impacto	No	----	
	Sísmico	Si	5.00	
	Hidráulica	Si	5.00	
Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	----	
	Suelo compresible (asentamiento)	No	5.00	
	Evidencia de bombeo	No	----	
Indicadores de Peligro	Agrietamiento	No	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Depósitos superficiales y exudaciones.	No	5.00	
	Fugas	No	5.00	
Alineación general de la estructura	Asentamiento	No	5.00	
	Desviación	No	5.00	
Condición superficial del concreto	Suavidad	No	5.00	
	Áreas blandas	No	5.00	
	Juntas frías	Si	5.00	
	Tensión	No	5.00	
	Agrietamiento	Si	5.00	
	Descascaramiento	No	5.00	
	Incrustaciones	No	5.00	
	Manchas, eflorescencias	No	5.00	
	Refuerzos expuestos: corrosión.	No	5.00	
	Deformaciones	No	5.00	
	Erosión	Abrasión	No	5.00
		Cavitación	No	----
Parches y/ reparaciones anteriores	No	----		
Condiciones de las instalaciones sanitarias	Tubería de Ingreso al Lecho de Secado	Eficiente	5.00	
	Tubería de Salida al Filtro Biológico	Deficiente	0.00	

## 4.2 Evaluación operativa del sistema de tratamiento

Para la evaluación operativa del sistema de tratamiento se extrajeron cuatro muestras de aguas residuales;

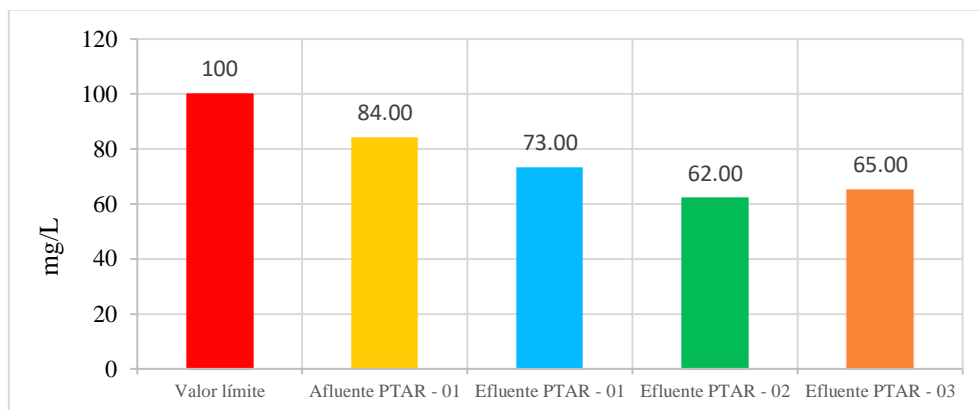
Muestra N° 01: Afluente PTAR-01 (PTAR 01-A)

Muestra N° 02: Efluente PTAR-01 (PTAR 01-E)

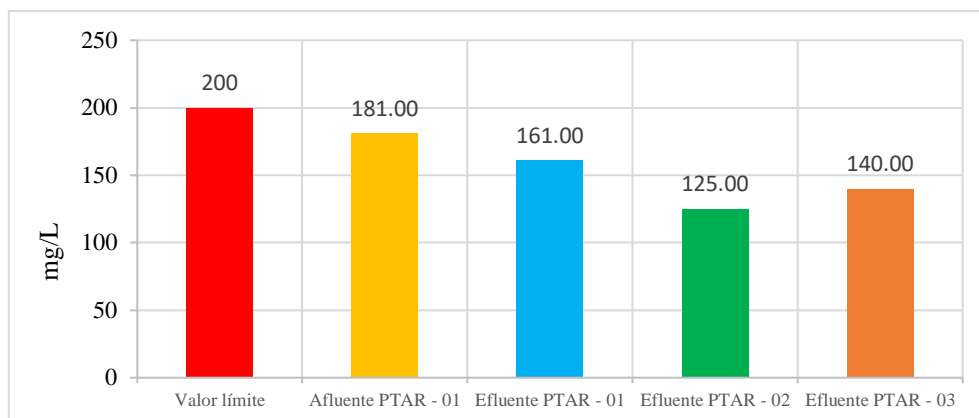
Muestra N° 03: Efluente PTAR-02 (PTAR 02-E)

Muestra N° 04: Efluente PTAR-03 (PTAR 03-E)

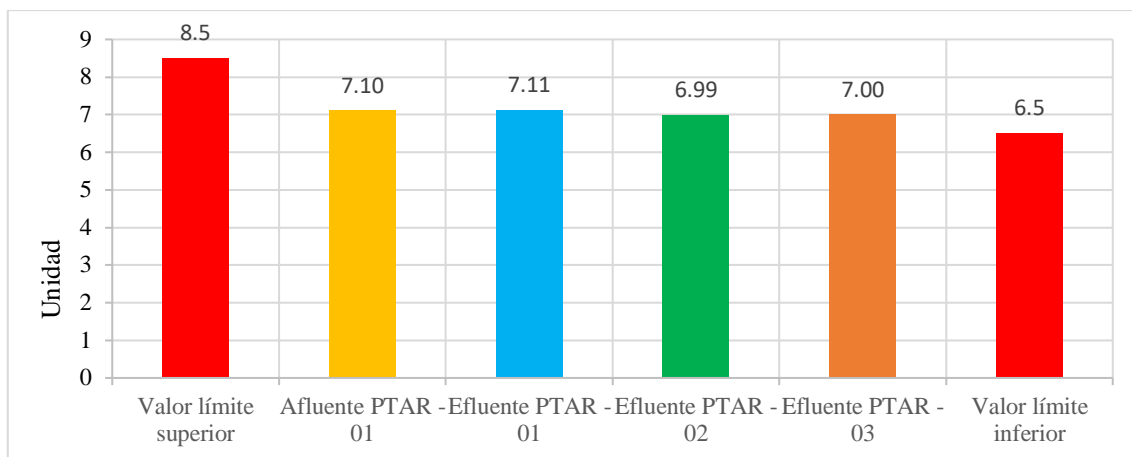
Los estudios de laboratorio se realizaron básicamente a las siguientes características: DBO<sub>5</sub>, DQO, PH y Coliformes termotolerantes; los cuales se ensayaron en el laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM y se muestran en el anexo 1, a continuación, se muestran los resultados comparativos con los LMP en forma de gráficos.



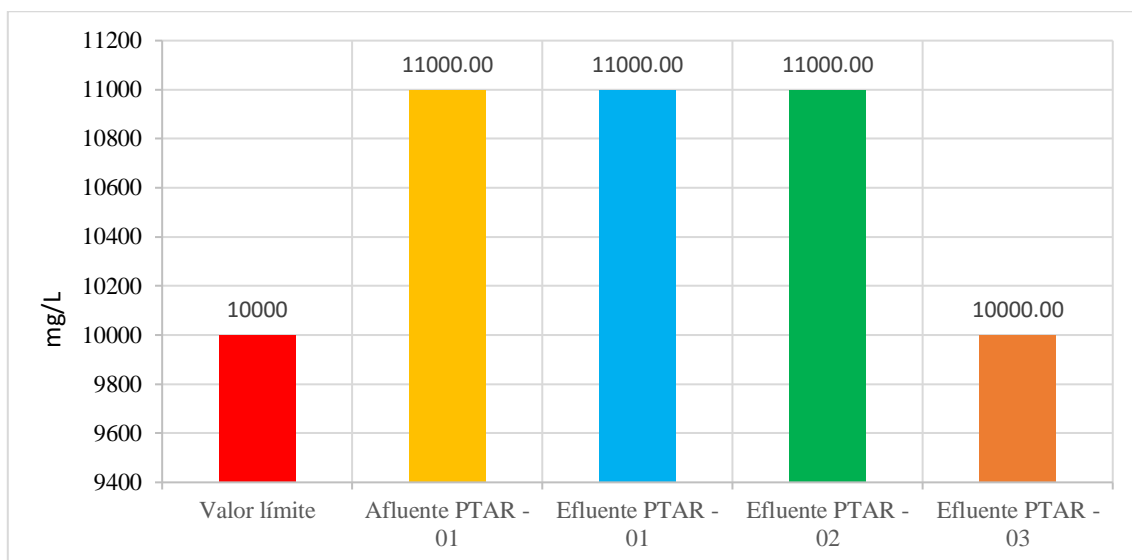
**Figura 73.** Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)



**Figura 74.** Demanda química de oxígeno (DQO)



**Figura 75.** Potencial de Hidrogeno (PH)



**Figura 76.** Coliformes termotolerantes

#### 4.2.1 Planta de Tratamiento N° 01.

De la planta de tratamiento N° 01 se extrajeron dos muestras para el análisis de laboratorio, la primera muestra se extrajo del afluente a la PTAR y la segunda del efluente de la PTAR, de cada punto de muestreo se extrajeron 3 muestras; para la determinación de las siguientes características: DBO<sub>5</sub>, DQO, HP y Coliformes termotolerantes.



**Figura 77.** Vista de la Extracción de muestra del afluente de la PTAR N° 01



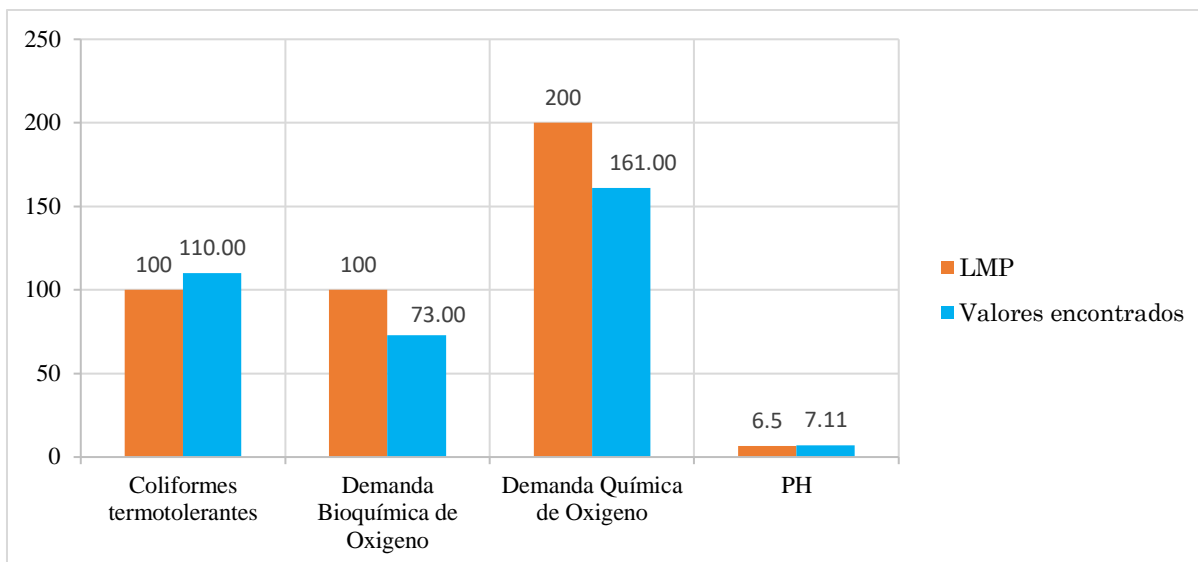
**Figura 78.** Vista de la Extracción de muestra del Efluente de la PTAR N° 01



**Figura 79.** Muestras extraídas de la PTAR N° 01



Con el estudio de laboratorio se llegó a los resultados que se muestran en el anexo 1. Los cuales se expresan a través de gráficos comparativos con los límites máximos permisibles del ECA.



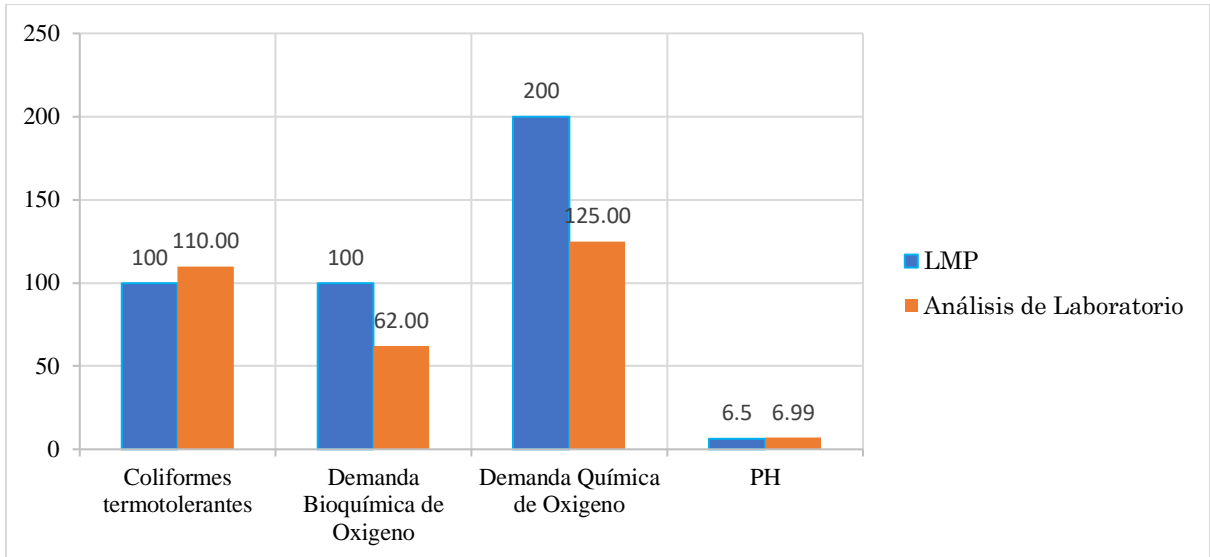
**Figura 80.** Resultados del Efluente de la PTAR N° 01 y LMP

#### 4.2.2 Planta de Tratamiento N° 02.

De la planta de tratamiento N° 02 se extrajo una muestra para el análisis de laboratorio del efluente de la PTAR de donde se extrajeron 3 muestras, para la determinación de las características como: DBO<sub>5</sub>, DQO, HP y Coliformes termotolerantes.



**Figura 81.** Muestreo del Efluente de la PTAR N° 02



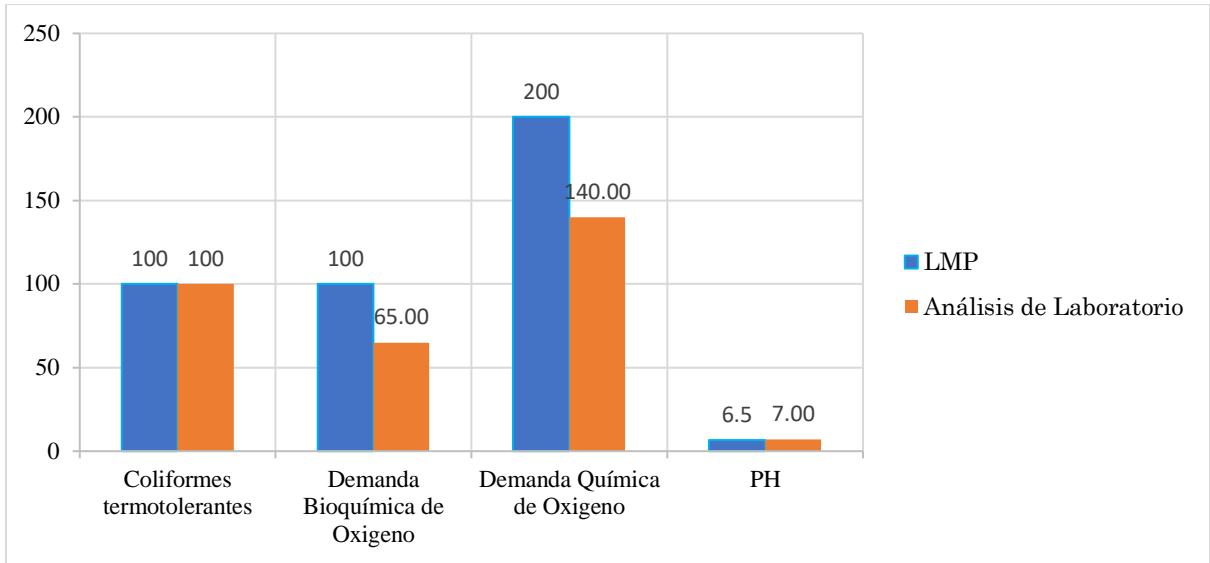
**Figura 82.** Resultados del Efluente de la PTAR N° 02 y LMP

#### 4.2.3 Planta de Tratamiento N° 03.

De la planta de tratamiento N° 03 se extrajo una muestra para el análisis de laboratorio del efluente de la PTAR de donde se extrajeron 3 muestras, para la determinación de las siguientes características: DBO<sub>5</sub>, DQO, HP y Coliformes termotolerantes.



**Figura 83.** Resultados del Efluente de la PTAR N° 03 y LMP



**Figura 84.** Resultados del Efluente de la PTAR N° 03 y LMP

## DISCUSIÓN

- a. A partir de la evaluación de la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicando el primer nivel de análisis “análisis no destructivo” del método de tres niveles, los componentes estructurales de planta de tratamiento se encuentran en condiciones operativas; a pesar de presentar pequeñas patologías no estructurales como la eflorescencia del concreto en el tanque Imhoff cuyas manifestaciones son observadas por las juntas frías de concreto endurecido. Del mismo modo, las estructuras presentan pequeñas fisuras a nivel superficial del tarrajeo interior observados en el tanque Imhoff, filtro biológico y lecho de secado de las tres plantas de tratamientos. A excepción del desarenador y la cámara de rejillas de la PTAR N° 01 que presenta asentamiento del suelo de fundación.
- b. A partir de la evaluación operacional del sistema de tratamiento se observa que las instalaciones sanitarias en las tres plantas de tratamiento se encuentran improvisadas, porque se observa que la tubería PVC ha perdido resistencia mecánica por la exposición prolongada a los rayos UV, el cual ha degradado todas las instalaciones de PVC hasta su colapso.

Los elementos filtrantes, como la grava y el confitillo del filtro biológico y el lecho de secado se encuentran en un estado inoperable por presentar vegetación sobre los filtros.

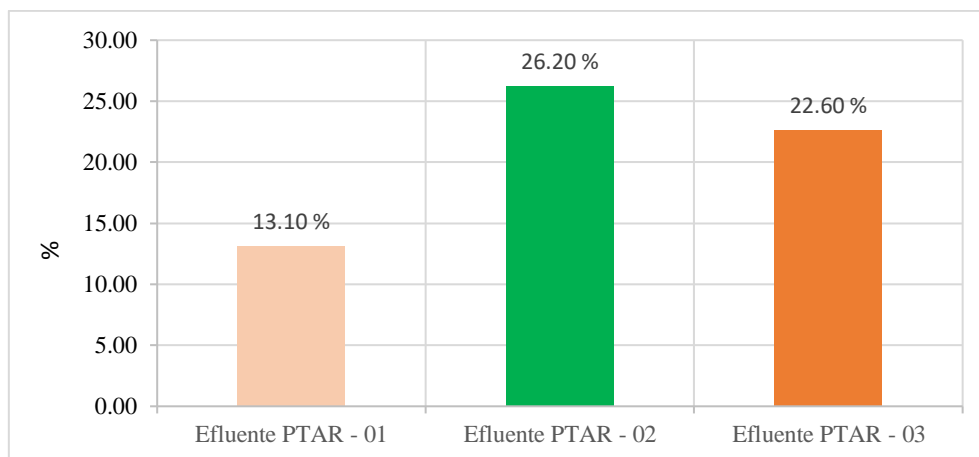
Por lo tanto, las plantas de tratamiento requieren de una rehabilitación para recuperar la funcionalidad de las estructuras y eficiencia en el proceso de tratamiento. De tal forma que las instalaciones sean de tuberías HDPE para mejorar la resistencia frente a las agresiones del medio ambiente.

Del mismo modo, se deberá realizar la remoción de sedimentos del Tanque Imhoff de las tres plantas de tratamiento, que actualmente se encuentran con alturas de carga promedio de lodo de 3.00 m, 3.40 m y 2.50 m respectivamente a las plantas de tratamiento.

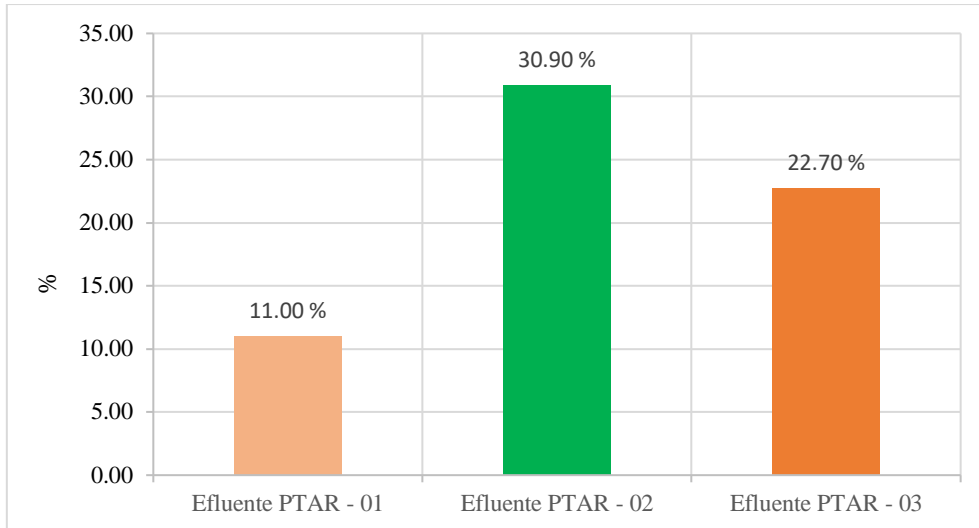
El material filtrante del filtro biológico se deberá sustituir, porque las actuales ya no presentan las características requeridas para este tipo de procesos, debido a la presencia de vegetación encima de estos filtros.

La arena y la capa de ladrillo del lecho de secado se deberá reemplazar ya que estas ya no garantizan el tratamiento adecuado.

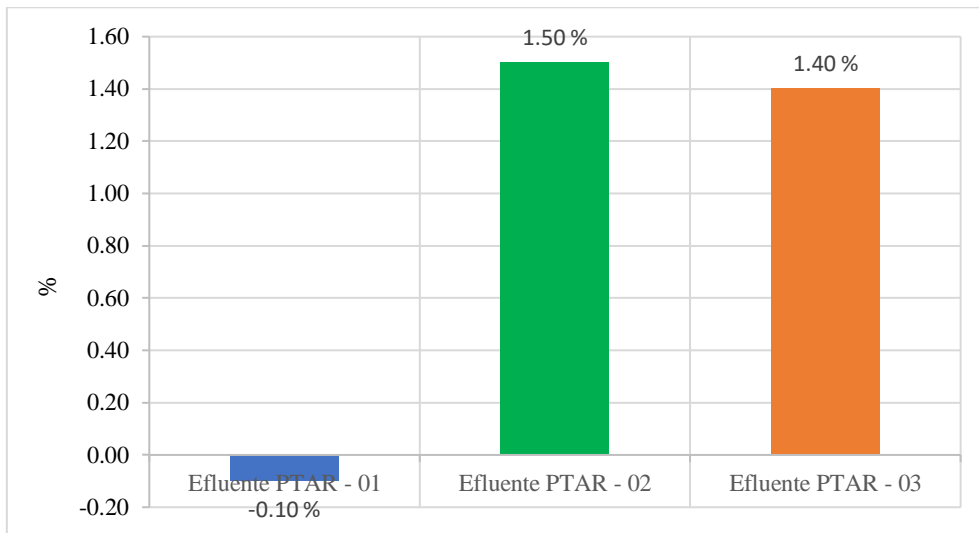
- c. De los análisis de laboratorio realizados a los efluentes de las plantas de tratamiento, la calidad del agua residual vertida al cuerpo receptor se encuentra dentro de los límites máximos permisibles (LMP) según el ECA, los porcentajes de remoción fueron comparados con los resultados de los afluentes y se muestran en la **Figura 85**, **Figura 86** y **Figura 87**.



**Figura 85.** Porcentaje de remoción DBO<sub>5</sub>



**Figura 86.** Porcentaje de remoción DQO



**Figura 87.** Porcentaje de remoción PH

## CONCLUSIONES

- a. A partir de la evaluación de la infraestructura física del sistema de tratamiento de aguas residuales aplicando el primer nivel de análisis “análisis no destructivo” del método de tres niveles se concluye que, el sistema de tratamiento de aguas servidas se califica como **Buena** a nivel de la infraestructura física.
- b. A partir de la evaluación operacional del sistema de tratamiento se concluye que, el sistema operacional se encuentra improvisada, y toma la calificación de **mala**, porque las instalaciones sanitarias de las tres plantas de tratamiento no se encuentran en operación debido a la inexistencia y/o deficiencia de las mismas, haciendo que los procesos del sistema de tratamiento sean deficientes. La principal deficiencia observada fue la exposición prolongada de las tuberías PVC de conexión a los rayos UV, lo cual ha llevado al colapso por pérdida de resistencia mecánica de las mismas.
- c. De los análisis de laboratorio realizado de los efluentes de las plantas de tratamiento, se concluye que la calidad del agua residual vertida al cuerpo receptor se encuentra dentro de los límites máximos permisibles (LMP) según el ECA.
- d. A partir de las evaluaciones de la infraestructura física y operación del sistema de tratamiento, se concluye que es necesario rehabilitar las instalaciones sanitarias de la planta de tratamiento para mejorar la eficiencia de la misma. De modo que las nuevas instalaciones sean de tuberías HDPE para mejorar la resistencia frente a las agresiones del medio ambiente, remoción de sedimentos del tanque Imhoff y cambio del material filtrante en los filtros biológicos y lechos de secado.

## **RECOMENDACIONES**

- a. Realizar investigaciones del nivel dos “análisis destructivos” según el método de tres niveles, la investigación se deberá abocar a la resistencia de concreto en servicio de la estructura principal de mayor volumen que es el tanque Imhoff.
- b. Para mejorar la eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se debe rehabilitar las instalaciones sanitarias utilizando las tuberías y accesorios HDPE porque están impuestas a la intemperie, cambio de filtros del lecho de secado y filtro biológico, limpieza de sedimento del tanque Imhoff, cajas de inspección y elaborar un plan de mantenimiento de acuerdo a las características de la población.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ACI 201.1R-08. *Guía para realizar una inspección visual de concreto en servicio.*
- Avendaño Rodríguez E. (2006). *Detección, tratamiento y prevención de patologías en sistemas de concreto estructural utilizados en infraestructura industrial (Tesis de grado).* Universidad de Costa Rica - Facultad de Ingeniería.
- Baez Noguera. J. (1995). *Tratamiento básico de aguas residuales* Barranquilla: Ediciones Uninorte.
- Caro Velasco. O. (2012). *Diagnóstico del funcionamiento de la planta de agua residual de puente nacional Santander* (Tesis de grado), Universidad Militar Nueva Granada – Colombia.
- Chernicharo Lemos. C. A. (1997). *Principios de Tratamiento Biológico de Aguas Residuarias - Reactores Anaerobios.* Brasil: SEGRAC
- Decreto Supremo N° 004 – 2017 – MINAM. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua.* Ley general del ambiente. Diario Oficial “El Peruano”.
- Fondo de Prevención y Atención de Emergencias – FOPAE & Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica – AIS (2011). *Guía de patologías constructivas, estructurales y no estructurales.* Tercera edición.
- García Paniagua C. I & Fonseca Martínez J. A. (2015). *Evaluación técnica de la planta de tratamiento de aguas residuales “quinta Brasilia” ubicada en el municipio de honda – Tolima.* (Tesis de grado). Universidad distrital francisco José de caldas -

facultad del medio ambiente y recursos naturales - tecnología en gestión ambiental y servicios públicos – Bogotá.

INEI – Instituto Nacional de Estadística e Informática. *Censos Nacionales de Población y Vivienda, 1981, 1993 y 2007*

Metcalf y Eddy. (1995). *Ingeniería de aguas residuales tratamiento, vertido y reutilización*. Tercera edición Volumen 1. España: McGraw-Hill/ Interamericana de España, S.A.

Norma E.060. (2009). *Concreto Armado*, Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario Oficial “El Peruano”.

Norma OS.090. (2009). *Plantas de tratamiento de aguas residuales*, Reglamento Nacional de Edificaciones. Diario Oficial “El Peruano”.

Noyola, A., Morgan, J.M., & Patricia, L. (2013). *Selección de Tecnologías para el tratamiento de Aguas Residuales Municipales*. México: UNAM

Romero Rojas, J. A. (2002). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá D.C.: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Sánchez de Guzmán, D. (2011), *Durabilidad y Patología del Concreto*, Colombia: Asociación Colombiana de Productores de Concreto, Asocreto.

Sette Romalho R. (1996). *Introducción a los procesos de Tratamiento de Aguas Residuales*. España: REVETÉ S.A.

SUNASS, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2008). *Diagnóstico situacional de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las EPS del Perú y propuestas de solución*. Lima.

SUNASS, Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (2015). *Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento*. Primera Edición. Lima: Tarea Asociación Gráfica Educativa.

Universidad politécnica de Valencia. (2014). *La “Ley de los Cincos” de Sitter, o cómo tirar el dinero en las obras*. Recuperado de: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/ley-de-sitter/>

Civilgeeks.com ingeniería y construcción. (2011). *la carbonatación, el primer cáncer del hormigón (i)*. Recuperado de: <https://civilgeeks.com/2011/10/02/la-carbonatacion-el-primer-cancer-del-hormigon-i/>

## **ANEXOS**

1. Resultados del análisis de Laboratorio.
2. Ficha Técnica de Toma de Datos de la PTAR N° 01
3. Ficha Técnica de Toma de Datos de la PTAR N° 02
4. Ficha Técnica de Toma de Datos de la PTAR N° 03

# **ANEXO 1 - RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LABORATORIO**

## INFORME DE ENSAYO AG180098

**CLIENTE**      **Razón Social**      : JUAN BENITO GONZALES JAQUE  
**Dirección**      : Pje. Los Pensamientos S/N - Independencia  
**Atención**      : Juan Benito Gonzales Jaque

**MUESTRA**      **Producto declarado**      : Agua de Residual  
**Matriz**      : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
**Procedencia**      : Provincia de Pomabamba  
**Ref./Condición**      : Cadena de Custodia CC180070

**MUESTREO**      **Responsable**      : Muestra proporcionada por el cliente  
**Referencia:**      : No indica

**LABORATORIO**      **Fecha de recepción**      : 02/Abril/2018  
**Fecha de análisis**      : 02 de Abril al 09 de Abril/2018  
**Cotización N°**      : CO180204

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PTAR 01 - A
					Fecha de muestreo <sup>1</sup>	01/04/2018
					Hora de muestreo <sup>1</sup>	09:30
					Código del laboratorio	AG180122
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B - Versión 2012 (*)	.....		7.10
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACION BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		84
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DCO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		181
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACION MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACION DE PATOGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

<sup>1</sup> Datos proporcionados por el cliente

Legenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 09 de Abril de 2018



*Mario Leyva Collas*  
**M.Sc. Quím. Mario Leyva Collas**  
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

## INFORME DE ENSAYO AG180099

**CLIENTE**      **Razón Social**      : JUAN BENITO GONZALES JAQUE  
**Dirección**      : Pje. Los Pensamientos S/N - Independencia  
**Atención**      : Juan Benito Gonzales Jaque

**MUESTRA**      **Producto declarado**      : Agua de Residual  
**Matriz**      : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
**Procedencia**      : Provincia de Pomabamba  
**Ref./Condición**      : Cadena de Custodia CC180070

**MUESTREO**      **Responsable**      : Muestra proporcionada por el cliente  
**Referencia:**      : No indica

**LABORATORIO**      **Fecha de recepción**      : 02/Abril/2018  
**Fecha de análisis**      : 02 de Abril al 09 de Abril/2018  
**Cotización N°**      : CC180204

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PTAR 01 - E
					Fecha de muestreo	01/04/2018
					Hora de muestreo	09:20
					Código del Laboratorio	AG180123
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B.-Versión 2012 (*)	.....		7.11
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		73
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		161
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



*Mario Leyva Collas*  
**MSc. Quím. Mario Leyva Collas**  
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Huaraz, 09 de Abril de 2018

## INFORME DE ENSAYO AG180100

**CLIENTE** Razón Social : JUAN BENITO GONZALES JAQUE  
 Dirección : Pje. Los Pensamientos S/N - Independencia  
 Atención : Juan Benito Gonzales Jaque

**MUESTRA** Producto declarado : Agua de Residual  
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica  
 Procedencia : Provincia de Pomabamba  
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180070

**MUESTREO** Responsable : Muestra proporcionada por el cliente  
 Referencia : No indica

**LABORATORIO** Fecha de recepción : 02/Abril/2018  
 Fecha de análisis : 02 de Abril al 09 de Abril/2018  
 Cotización N° : CO180204

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	PTAR 02 - E
					Fecha de muestreo	01/04/2018
					Hora de muestreo	09:00
					Código del Laboratorio	AG180124
<b>FQ</b>	<b>ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS</b>					
FQ23	pH (en laboratorio)	Unid. pH	APHA 4500-H <sup>+</sup> B - Versión 2012 (*)	.....		6.99
<b>CB</b>	<b>ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO</b>					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO <sub>5</sub>	APHA 5210 B (*)	1		62
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico (*)	25		125
<b>CM</b>	<b>INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS</b>					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C (*)	< 2		11000000

(\*) Los métodos indicados No han sido acreditados por el INACAL - DA

Datos proporcionados por el cliente

Leyenda: APHA: Standard Method for de Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012



*Mario Leyva Collas*  
**MSc. Quím. Mario Leyva Collas**  
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental  
 FCAM - UNASAM  
 CQP N° 604

Huaraz, 09 de Abril de 2018



**ANEXO 2 - FICHA TÉCNICA  
DE TOMA DE DATOS DE LA  
PTAR-N° 01**

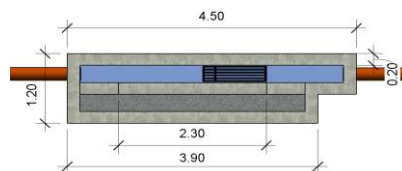
**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

01.00 INFORMACION GENERAL	Número de reporte	: 001
	Propósito de la inspección	: Fines Académicos
	Título de la tesis	: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE POMABAMBA - ÁNCASH 2018
	Nombre (s) del inspector	: Bachiller Gonzales Jaque Juan B.
01.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Nombre del proyecto	: PTAR N°01
	<b>Ubicación y Localización</b>	
	Región	: Ancash
	Provincia	: Pomabamba
	Distrito	: Pomabamba
	Datum	: WGS-84
	<b>Coordenadas</b>	
Este	: 229431.00 m	
Norte	: 9023650.00 m	
Elevación	: 2905.00 m.s.n.m	



**02. Desarenador y Camara de Rejas**

02.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque
	Tamaño	
	Largo	: 4.50 m
	Ancho	: 1.20 m
	Altura	: 0.75 m
	Espesor de muro	: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba
	Ingeniero de proyectos	:
	Contratista	:
	Fecha (s) de construcción	: Año 2007
Fotografías	<p>Vista general</p> <p>Detallado de la condición del área</p>	



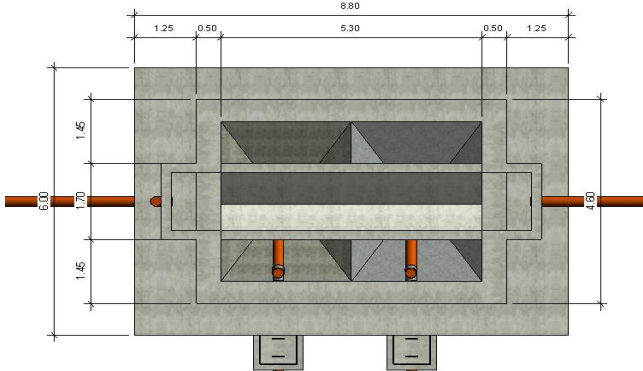

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

02.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2	
02.03 NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	
		Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba	
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla
	Evacuación Pluvial		No Contempla	
	Evacuación de desagües.		No Contempla	
	Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla	
		Viva	Si Contempla	
		Impacto	No Contempla	
		Vibración	No Contempla	
		Tráfico	No Contempla	
		Sísmico	Si Contempla	
	Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si Contempla	
		Suelo expansivo	No	
		Suelo compresible (asentamiento)	Si	
	02.04 INDICADORES PELIGRO	Evidencia de bombeo		No
Agrietamiento		No		
Tensión		No		
Depósitos superficiales y exudaciones.		No		
	Fugas		No	
	Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	
		Desviación	No	
	Superficies moldeadas y acabadas.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno
		Suavidad	No	
		Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
		Rayas de arena	No	
		Poros	No	
		Áreas blandas	No	
		Juntas frías	No	
Tensión	No			

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

CONDICIONES 02.05 ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Condición superficial del hormigón.	Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
			Mapa de crack	No	
			Ancho y patrón	No	
			Lixiviación, estalactitas	No	
			Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
		Descascaramiento	Area	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Incrustaciones	Tamaño	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Manchas, eflorescencias			No
		Refuerzos expuestos: corrosión.			No
		Deformaciones			No
		Erosión	Abrasión	Si	
			Cavitación	No	
		Parches y/ reparaciones anteriores			No
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm	
			Condición	Buena	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

<b>03. Tanque Imhoff</b>				
03.01	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque	
		Tamaño		
		Largo	: 6.30 m	
		Ancho	: 4.60 m	
		Altura	: 11.00 m	
		Espesor de muro	: 0.50 m	
		Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba	
Ingeniero de proyectos	:			
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
		Vista general		
	Fotografías	Primer plano detallado de la condición del área		
03.02	MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal	
			Tamaño agregado	
			Tipo de mezcla	
			Proporción de la mezcla	
			Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2
			Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2
	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	Si Contempla	




**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

03.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si Contempla		
			Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba		
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla		
			Evacuación Pluvial	No Contempla		
			Evacuación de desagües.	No Contempla		
			Muerta	Si Contempla		
		Condiciones de carga	Viva	Si Contempla		
			Impacto	No Contempla		
			Vibración	No Contempla		
			Tráfico	No Contempla		
			Sísmico	Si Contempla		
			Hidráulica	Si Contempla		
		Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No		
Suelo compresible (asentamiento)	No					
Evidencia de bombeo	No					
03.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		Si		
		Fugas		No		
03.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No	
				Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
				Rayas de arena	No	
				Poros	No	
				Áreas blandas	No	
				Juntas frías	Si	
				Tensión	No	
			Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
				Ancho y patrón	No	
				Lixiviación, estalactitas	No	
				Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
			Descascaramiento	Área	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Incrustaciones	Tamaño	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Manchas, eflorescencias		Si	
			Refuerzos expuestos: corrosión.		No	
		Deformaciones		No		
		Erosión	Abrasión	Si		
			Cavitación	No		
		Parches y reparaciones anteriores		No		
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm		
Condición	Buena					

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

03.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tubería de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente
		Tubería de Salida del Tanque Imhoff al Lecho de Secado	Deficiente
		Tubería de Salida del Tanque Imhoff al Filtro Biológico	Deficiente
		Condición General de las instalaciones Sanitarias	Mala

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

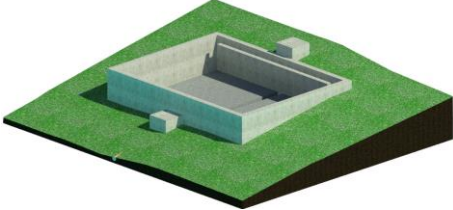
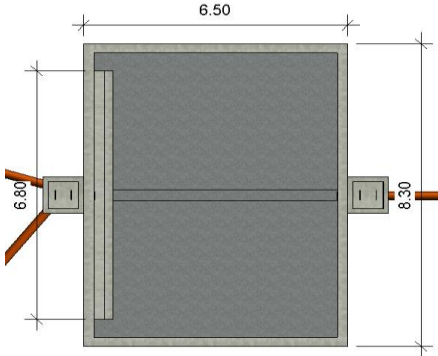

04. Lecho de Secado				
04.01 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque		
	Tamaño			
	Largo			: 17.20 m
	Ancho			: 9.00 m
	Altura Muro			: 1.20 m
	Espesor de muro			: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba		
	Ingeniero de proyectos	:		
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
Fotografías	Vista general			
	Detallado de la condición del área			
04.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm <sup>2</sup>	
NATURALEZA DE	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	



**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

04.03	LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Drenaje	Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba			
			Selladores de juntas	No Contempla			
			Evacuación Pluvial	No Contempla			
			Evacuación de desagües.	No Contempla			
		Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla			
			Viva	Si Contempla			
			Impacto	No Contempla			
			Vibración	No Contempla			
			Sísmico	Si Contempla			
		Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si Contempla			
			Suelo expansivo	No			
			Suelo compresible (asentamiento)	No			
04.04	INDICADORES PELIGRO	Evidencia de bombeo		No			
		Agrietamiento		Si			
		Tensión		No			
		Depósitos superficiales y exudaciones.		No			
04.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento		No		
			Desviación		No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad		No	
				Poros		No	
				Áreas blandas		No	
				Juntas frías		Si	
				Tensión		No	
				Ubicación y frecuencia		No	
				Ancho y patrón		No	
				Lixiviación, estalactitas		No	
				Trabajando o no trabajando (latente)		Si	
			Descascaramiento	Área		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Incrustaciones	Tamaño		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Manchas, eflorescencias		No		
			Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
			Deformaciones		No		
			Erosión	Abrasión		Si	
		Cavitación		No			
		Parches y reparaciones anteriores		No			
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor		Tarrajeo 1 cm		
			Condición		Buena		
		04.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tubería de Ingreso de lodos		Deficiente	
				Tubería de Salida del Lecho de Secado al Filtro Biológico		Eficiente	
				Condición General de las instalaciones Sanitarias		Mala	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

05. Filtro Biológico															
05.01	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque												
		Tamaño													
		Largo		: 8.30 m											
		Ancho		: 6.50 m											
		Altura		: 2.50 m											
		Espesor de muro		: 0.20 m											
		Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba												
Ingeniero de proyectos	:														
Contratista	:														
Fecha (s) de construcción	: Año 2007														
05.02	MATERIALES USADOS (si se sabe)	Fotografías	Vista general												
															
			Primer plano detallado de la condición del área												
															
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Tipo agregado de peso normal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño agregado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tipo de mezcla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proporción de la mezcla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fuerza compresiva</td> <td>: 210.00 kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>Módulo de elasticidad</td> <td>: 217 370.65 kg/cm2</td> </tr> </table>	Tipo agregado de peso normal		Tamaño agregado		Tipo de mezcla		Proporción de la mezcla		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2
Tipo agregado de peso normal															
Tamaño agregado															
Tipo de mezcla															
Proporción de la mezcla															
Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2														
Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2														
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)</td> <td>Se ubica en la sierra</td> </tr> <tr> <td>Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)</td> <td>presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo</td> </tr> <tr> <td>Congelación y descongelación</td> <td>No Contempla</td> </tr> <tr> <td>Humectación y secado</td> <td>Si Contempla</td> </tr> <tr> <td>Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).</td> <td>No Contempla</td> </tr> </table>	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	Congelación y descongelación	No Contempla	Humectación y secado	Si Contempla	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla		
Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra														
Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo														
Congelación y descongelación	No Contempla														
Humectación y secado	Si Contempla														
Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla														

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°01**

05.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla		
		Drenaje		Evacuación Pluvial	No Contempla	
				Evacuación de desagües.	No Contempla	
		Condiciones de carga		Muerta	Si Contempla	
				Viva	Si Contempla	
				Impacto	No Contempla	
				Vibración	No Contempla	
				Tráfico	No Contempla	
				Sísmico	Si Contempla	
				Hidráulica	Si Contempla	
		Suelos (condiciones de cimentación)		Suelo expansivo	No	
	Suelo compresible (asentamiento)		No			
	Evidencia de bombeo		No			
05.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		No		
		Fugas		No		
05.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
			Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
		Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No		
			Rayas de arena	No		
			Poros	No		
			Juntas frías	No		
			Tensión	Si		
		Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No		
			Ancho y patrón	No		
			Lixiviación, estalactitas	No		
			Trabajando o no trabajando (latente)	No		
		Descascaramiento	Área	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Incrustaciones	Tamaño	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Manchas, eflorescencias		No		
		Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
		Deformaciones		No		
		Erosión	Abrasión	Si		
			Cavitación	No		
Parches y reparaciones anteriores		No				
revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm				
	Condición	Buena				
05.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tubería de Ingreso de Aguas lixiviadas del Lecho de Secado		Eficiente		
		Tubería de ingreso del Tanque Imhoff al Filtro		Deficiente		
		Condición General de las instalaciones Sanitarias		Mala		



**ANEXO 3 - FICHA TÉCNICA  
DE TOMA DE DATOS DE LA  
PTAR-N° 02**

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

01.00 INFORMACION GENERAL	Número de reporte	: 002
	Propósito de la inspección	: Fines Académicos
	Título de la tesis	: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE POMABAMBA - ÁNCASH 2018
	Nombre (s) del inspector	: Bachiller Gonzales Jaque Juan B.
01.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Nombre del proyecto	: PTAR N°02
	<b>Ubicación y Localización</b>	
	Región	: Ancash
	Provincia	: Pomabamba
	Distrito	: Pomabamba
	Datum	: WGS-84
	<b>Coordenadas</b>	
Este	: 229224.00 m	
Norte	: 9023939.00 m	
Elevación	: 2925.00 m.s.n.m	



**02. Desarenador y Camara de Rejas**

02.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque
	Tamaño	
	Largo	: 4.50 m
	Ancho	: 1.20 m
	Altura	: 0.75 m
	Espesor de muro	: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba
	Ingeniero de proyectos	:
	Contratista	:
	Fecha (s) de construcción	: Año 2007
Fotografías	<p>Vista general</p>  <p>Detallado de la condición del área</p> 	

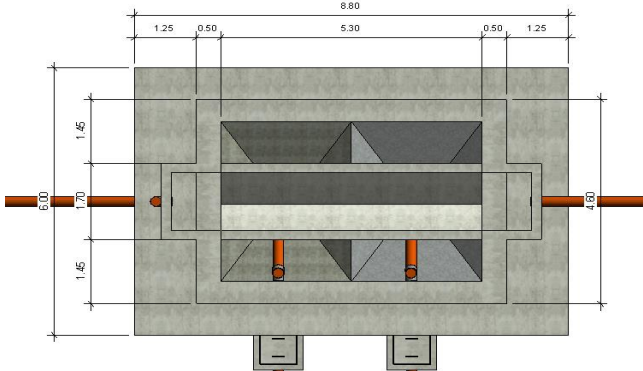

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

02.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2	
02.03 NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	
		Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba	
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla
	Evacuación Pluvial		No Contempla	
	Evacuación de desagües.		No Contempla	
	Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla	
		Viva	Si Contempla	
		Impacto	No Contempla	
		Vibración	No Contempla	
		Tráfico	No Contempla	
		Sísmico	Si Contempla	
		Hidráulica	Si Contempla	
	Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	
		Suelo compresible (asentamiento)	Si	
		Evidencia de bombeo	No	
02.04 INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No	
	Tensión		No	
	Depósitos superficiales y exudaciones.		No	
	Fugas		No	
	Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	
		Desviación	No	
	Superficies moldeadas y acabadas.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno
		Suavidad	No	
		Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
		Rayas de arena	No	
		Poros	No	
		Areas blandas	No	
		Juntas frias	No	
		Tensión	No	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

CONDICIONES 02.05 ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Condición superficial del hormigón.	Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
			Mapa de crack	No	
			Ancho y patrón	No	
			Lixiviación, estalactitas	No	
			Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
		Descascaramiento	Area	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Incrustaciones	Tamaño	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Manchas, eflorescencias			No
		Refuerzos expuestos: corrosión.			No
		Deformaciones			No
		Erosión	Abrasión	Si	
			Cavitación	No	
		Parches y/ reparaciones anteriores			No
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm	
			Condición	Buena	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

<b>03. Tanque Imhoff</b>				
03.01	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque	
		Tamaño		
		Largo	: 6.30 m	
		Ancho	: 4.60 m	
		Altura	: 11.00 m	
		Espesor de muro	: 0.50 m	
		Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba	
Ingeniero de proyectos	:			
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
Fotografías	Vista general			
		<p>Primer plano detallado de la condición del área</p> 		
03.02	MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal	
			Tamaño agregado	
			Tipo de mezcla	
			Proporción de la mezcla	
			Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2
			Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2
Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	Congelación y descongelación	Se ubica en la sierra
				presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo
				No Contempla
				Si Contempla
				Si Contempla
Exposición	Humectación y secado	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	Humectación y secado	Si Contempla
				Si Contempla
				Si Contempla
				Si Contempla
				Si Contempla






**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

03.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si Contempla		
			Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba		
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla		
			Evacuación Pluvial	No Contempla		
			Evacuación de desagües.	No Contempla		
		Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla		
			Viva	Si Contempla		
			Impacto	No Contempla		
			Vibración	No Contempla		
			Tráfico	No Contempla		
			Sísmico	Si Contempla		
		Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si Contempla		
Suelo expansivo	No					
Suelo compresible (asentamiento)	No					
		Evidencia de bombeo	No			
03.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		Si		
		Fugas		No		
03.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No	
				Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
				Rayas de arena	No	
				Poros	No	
				Areas blandas	No	
				Juntas frias	Si	
				Tensión	No	
			Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
				Ancho y patrón	No	
				Lixiviación, estalactitas	No	
				Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
			Descascaramiento	Area	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Incrustaciones	Tamaño	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Manchas, eflorescencias		Si	
			Refuerzos expuestos: corrosión.		No	
		Deformaciones		No		
		Erosión	Abrasión	Si		
			Cavitación	No		
		Parches y reparaciones anteriores		No		
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm		
Condición	Buena					

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

03.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente
		Tuberia de Salida del Tanque Imhoff al Lecho de Secado	Deficiente
		Tuberia de Salida del Tanque Imhoff al Filtro Biologico	Deficiente
		Condicion General de las instalaciones Sanitarias	Mala

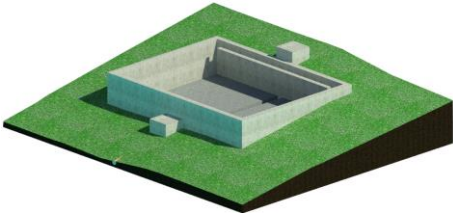
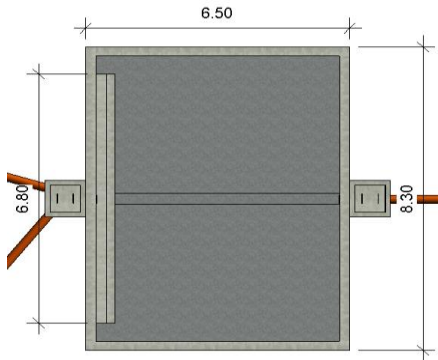

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

04. Lecho de Secado				
04.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque		
	Tamaño			
	Largo			: 17.20 m
	Ancho			: 9.00 m
	Altura Muro			: 1.20 m
	Espesor de muro			: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba		
	Ingeniero de proyectos	:		
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
Fotografías	Vista general			
	Detallado de la condición del área			
04.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm <sup>2</sup>	
NATURALEZA DE	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

04.03	LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Drenaje	Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba			
			Selladores de juntas	No Contempla			
			Evacuación Pluvial	No Contempla			
			Evacuación de desagües.	No Contempla			
		Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla			
			Viva	Si Contempla			
			Impacto	No Contempla			
			Vibración	No Contempla			
		Suelos (condiciones de cimentación)	Sísmico	Si Contempla			
			Hidráulica	Si Contempla			
			Suelo expansivo	No			
		04.04	INDICADORES PELIGRO	Tensión		No	
Depósitos superficiales y exudaciones.				No			
Fugas				No			
04.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento		No		
			Desviación		No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad		No	
				Poros		No	
				Areas blandas		No	
				Juntas frias		Si	
				Tensión		No	
			Agrietamiento	Ubicación y frecuencia		No	
				Ancho y patrón		No	
				Lixiviación, estalactitas		No	
				Trabajando o no trabajando (latente)		Si	
			Descascaramiento	Area		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Incrustaciones	Tamaño		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Manchas, eflorescencias		No		
			Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
			Deformaciones		No		
		Erosión	Abrasión		Si		
			Cavitación		No		
		Parches y reparaciones anteriores		No			
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor		Tarrajeo 1 cm		
			Condición		Buena		
		04.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso de lodos		Deficiente	
Tuberia de Salida del Lecho de Secado al Filtro Biologico				Eficiente			
Condicion General de las instalaciones Sanitarias				Mala			

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

<b>05. Filtro Biologico</b>				
05.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque		
	Tamaño			
	Largo			: 8.30 m
	Ancho			: 6.50 m
	Altura			: 2.50 m
	Espesor de muro			: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba		
	Ingeniero de proyectos	:		
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
Fotografías	Vista general			
	Primer plano detallado de la condición del área			
05.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm <sup>2</sup>	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm <sup>2</sup>	
Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra		
	Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo		
	Congelación y descongelación	No Contempla		
	Humectación y secado	Si Contempla		
	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla		

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°02**

05.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla		
		Drenaje		Evacuación Pluvial	No Contempla	
				Evacuación de desagües.	No Contempla	
		Condiciones de carga		Muerta	Si Contempla	
				Viva	Si Contempla	
				Impacto	No Contempla	
				Vibración	No Contempla	
				Tráfico	No Contempla	
				Sísmico	Si Contempla	
				Hidráulica	Si Contempla	
		Suelos (condiciones de cimentación)		Suelo expansivo	No	
	Suelo compresible (asentamiento)		No			
	Evidencia de bombeo		No			
05.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		No		
		Fugas		No		
05.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
			Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
		Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No		
			Rayas de arena	No		
			Poros	No		
			Juntas frias	No		
			Tensión	Si		
		Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No		
			Ancho y patrón	No		
			Lixiviación, estalactitas	No		
			Trabajando o no trabajando (latente)	No		
		Descascaramiento	Area	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Incrustaciones	Tamaño	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Manchas, eflorescencias		No		
		Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
		Deformaciones		No		
Erosión	Abrasión	Si				
	Cavitación	No				
Parches y reparaciones anteriores		No				
revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm				
	Condición	Buena				
05.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso de Aguas lixiviadas del Lecho de Secado		Eficiente		
		Tuberia de ingreso del Tanque Imhoff al Filtro		Deficiente		
		Condicion General de las instalaciones Sanitarias		Mala		



**ANEXO 4 - FICHA TÉCNICA  
DE TOMA DE DATOS DE LA  
PTAR-N° 03**

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

01.00 INFORMACION GENERAL	Número de reporte	: 003
	Propósito de la inspección	: Fines Académicos
	Título de la tesis	: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE POMABAMBA - ÁNCASH 2018
	Nombre (s) del inspector	: Bachiller Gonzales Jaque Juan B.
01.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Nombre del proyecto	: PTAR N°03
	<b>Ubicación y Localización</b>	
	Región	: Ancash
	Provincia	: Pomabamba
	Distrito	: Pomabamba
	Datum	: WGS-84
	<b>Coordenadas</b>	
Este	: 228952.00 m	
Norte	: 9024328.00 m	
Elevación	: 2926.00 m.s.n.m	



**02. Desarenador y Camara de Rejas**

02.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque
	Tamaño	
	Largo	: 4.50 m
	Ancho	: 1.20 m
	Altura	: 0.75 m
	Espesor de muro	: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba
	Ingeniero de proyectos	:
	Contratista	:
	Fecha (s) de construcción	: Año 2007
Fotografías	<p>Vista general</p>  <p>Detallado de la condición del área</p> 	



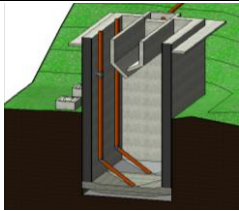
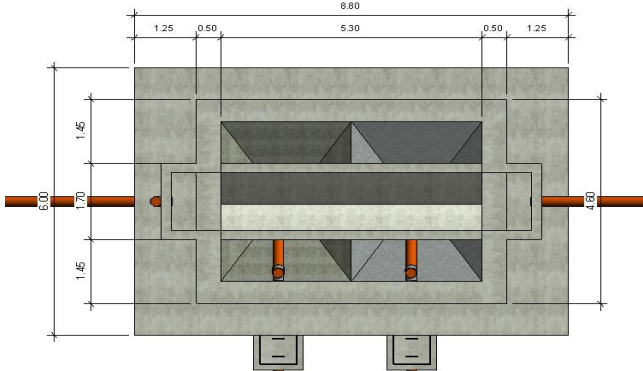

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

02.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2	
02.03 NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	
		Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba	
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla
	Evacuación Pluvial		No Contempla	
	Evacuación de desagües.		No Contempla	
	Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla	
		Viva	Si Contempla	
		Impacto	No Contempla	
		Vibración	No Contempla	
		Tráfico	No Contempla	
		Sísmico	Si Contempla	
		Hidráulica	Si Contempla	
	Suelos (condiciones de cimentación)	Suelo expansivo	No	
		Suelo compresible (asentamiento)	Si	
		Evidencia de bombeo	No	
02.04 INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No	
	Tensión		No	
	Depósitos superficiales y exudaciones.		No	
	Fugas		No	
	Alineación general de la estructura	Asentamiento	Si	
		Desviación	No	
	Superficies moldeadas y acabadas.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno
		Suavidad	No	
		Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
		Rayas de arena	No	
		Poros	No	
		Areas blandas	No	
		Juntas frias	No	
		Tensión	No	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

CONDICIONES 02.05 ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Condición superficial del hormigón.	Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
			Mapa de crack	No	
			Ancho y patrón	No	
			Lixiviación, estalactitas	No	
			Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
		Descascaramiento	Area	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Incrustaciones	Tamaño	No	
			Profundidad	No	
			Tipo	No	
		Manchas, eflorescencias			No
		Refuerzos expuestos: corrosión.			No
		Deformaciones			No
		Erosión	Abrasión	Si	
			Cavitación	No	
		Parches y/ reparaciones anteriores			No
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm	
			Condición	Buena	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

<b>03. Tanque Imhoff</b>															
03.01	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque												
	Fotografías	Tamaño													
		Largo	: 6.30 m												
		Ancho	: 4.60 m												
		Altura	: 11.00 m												
		Espesor de muro	: 0.50 m												
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba													
Ingeniero de proyectos	:														
Contratista	:														
Fecha (s) de construcción	: Año 2007														
		Vista general													
		Primer plano detallado de la condición del área													
03.02	MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Tipo agregado de peso normal</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tamaño agregado</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tipo de mezcla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Proporción de la mezcla</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fuerza compresiva</td> <td>: 210.00 kg/cm2</td> </tr> <tr> <td>Módulo de elasticidad</td> <td>: 217 370.65 kg/cm2</td> </tr> </table>	Tipo agregado de peso normal		Tamaño agregado		Tipo de mezcla		Proporción de la mezcla		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2
Tipo agregado de peso normal															
Tamaño agregado															
Tipo de mezcla															
Proporción de la mezcla															
Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2														
Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2														
	Exposición	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)</td> <td>Se ubica en la sierra</td> </tr> <tr> <td>Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)</td> <td>presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo</td> </tr> <tr> <td>Congelación y descongelación</td> <td>No Contempla</td> </tr> <tr> <td>Humectación y secado</td> <td>Si Contempla</td> </tr> <tr> <td>Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).</td> <td>Si Contempla</td> </tr> </table>	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	Congelación y descongelación	No Contempla	Humectación y secado	Si Contempla	Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	Si Contempla			
Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra														
Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo														
Congelación y descongelación	No Contempla														
Humectación y secado	Si Contempla														
Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	Si Contempla														




**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

03.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	Si Contempla		
			Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba		
		Drenaje	Selladores de juntas	Si Contempla		
			Evacuación Pluvial	No Contempla		
			Evacuación de desagües.	No Contempla		
		Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla		
			Viva	Si Contempla		
			Impacto	No Contempla		
			Vibración	No Contempla		
			Tráfico	No Contempla		
			Sísmico	Si Contempla		
		Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si Contempla		
Suelo expansivo	No					
Suelo compresible (asentamiento)	No					
		Evidencia de bombeo	No			
03.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		Si		
		Fugas		No		
03.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No	
				Burbujas (vacíos de aire en la superficie)	No	
				Rayas de arena	No	
				Poros	No	
				Areas blandas	No	
				Juntas frias	Si	
				Tensión	No	
			Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No	
				Ancho y patrón	No	
				Lixiviación, estalactitas	No	
				Trabajando o no trabajando (latente)	Si	
			Descascaramiento	Area	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Incrustaciones	Tamaño	No	
				Profundidad	No	
				Tipo	No	
			Manchas, eflorescencias		Si	
		Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
		Deformaciones		No		
Erosión	Abrasión	Si				
	Cavitación	No				
Parches y reparaciones anteriores		No				
revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm				
	Condición	Buena				

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

03.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso al tanque Imhoff	Deficiente
		Tuberia de Salida del Tanque Imhoff al Lecho de Secado	Deficiente
		Tuberia de Salida del Tanque Imhoff al Filtro Biologico	Deficiente
		Condicion General de las instalaciones Sanitarias	Mala

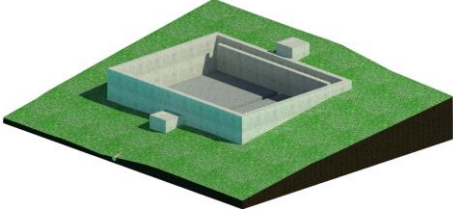
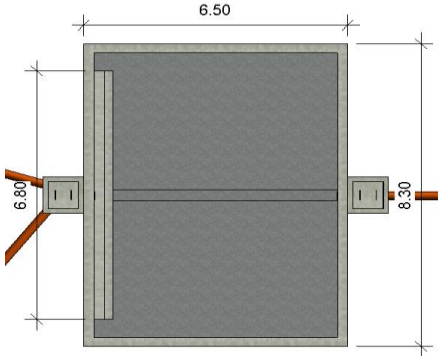

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

04. Lecho de Secado				
04.01 DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque		
	Tamaño			
	Largo			: 17.20 m
	Ancho			: 9.00 m
	Altura Muro			: 1.20 m
	Espesor de muro			: 0.20 m
	Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba		
	Ingeniero de proyectos	:		
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
Fotografías	Vista general			
	Detallado de la condición del área			
04.02 MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal		
		Tamaño agregado		
		Tipo de mezcla		
		Proporción de la mezcla		
		Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm2	
		Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm2	
NATURALEZA DE	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	
		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla	

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

04.03	LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.	Drenaje	Conductividad eléctrica	No se realizó la prueba			
			Selladores de juntas	No Contempla			
			Evacuación Pluvial	No Contempla			
			Evacuación de desagües.	No Contempla			
		Condiciones de carga	Muerta	Si Contempla			
			Viva	Si Contempla			
			Impacto	No Contempla			
			Vibración	No Contempla			
			Sísmico	Si Contempla			
		Suelos (condiciones de cimentación)	Hidráulica	Si Contempla			
			Suelo expansivo	No			
			Suelo compresible (asentamiento)	No			
04.04	INDICADORES PELIGRO	Evidencia de bombeo		No			
		Agrietamiento		Si			
		Tensión		No			
		Depósitos superficiales y exudaciones.		No			
04.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento		No		
			Desviación		No		
		Condición superficial del hormigón.	Estado general: bueno, satisfactorio, pobre		Bueno		
			Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad		No	
				Poros		No	
				Areas blandas		No	
				Juntas frias		Si	
				Tensión		No	
			Agrietamiento	Ubicación y frecuencia		No	
				Ancho y patrón		No	
				Lixiviación, estalactitas		No	
				Trabajando o no trabajando (latente)		Si	
			Descascaramiento	Area		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Incrustaciones	Tamaño		No	
				Profundidad		No	
				Tipo		No	
			Manchas, eflorescencias		No		
			Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
			Deformaciones		No		
		Erosión	Abrasión		Si		
			Cavitación		No		
		Parches y reparaciones anteriores		No			
		revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor		Tarrajeo 1 cm		
			Condición		Buena		
		04.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso de lodos			Deficiente
Tuberia de Salida del Lecho de Secado al Filtro Biologico				Eficiente			
Condicion General de las instalaciones Sanitarias				Mala			

**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

05. Filtro Biologico				
05.01	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Tipo de Estructura	: Contenedor de Líquido -Tanque	
		Tamaño		
		Largo		: 8.30 m
		Ancho		: 6.50 m
		Altura		: 2.50 m
		Espesor de muro		: 0.20 m
		Propietario	: Municipalidad Provincial de Pomabamba	
Ingeniero de proyectos	:			
Contratista	:			
Fecha (s) de construcción	: Año 2007			
05.01	DESCRIPCION DE LA ESTRUCTURA	Vista general		
		Fotografías	<p>Primer plano detallado de la condición del área</p> 	
05.02	MATERIALES USADOS (si se sabe)	Concreto	Tipo agregado de peso normal	
			Tamaño agregado	
			Tipo de mezcla	
			Proporción de la mezcla	
			Fuerza compresiva	: 210.00 kg/cm <sup>2</sup>
			Módulo de elasticidad	: 217 370.65 kg/cm <sup>2</sup>
	Exposición	Medio ambiente (árido, subtropical, marino, de agua dulce, industrial, etc.)	Se ubica en la sierra	
		Clima (temperaturas medias en julio y enero, precipitación media anual y meses en los que se produce el 60% de la precipitación)	presenta temperaturas medias de 18 °C y con precipitaciones entre los meses de octubre-marzo	
		Congelación y descongelación	No Contempla	
		Humectación y secado	Si Contempla	
		Corrosión química y ataque (sulfatos, ácidos, bases, cloruros, gases).	No Contempla	



**FICHA TECNICA DE TOMA DE DATOS**  
**ANALISIS NO DESTRUCTIVO - INSPECCION VISUAL PTAR N°03**

05.03	NATURALEZA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES Y DE CARGA.		Abrasión, erosión, cavitación, impacto.	No Contempla		
		Drenaje		Evacuación Pluvial	No Contempla	
				Evacuación de desagües.	No Contempla	
		Condiciones de carga		Muerta	Si Contempla	
				Viva	Si Contempla	
				Impacto	No Contempla	
				Vibración	No Contempla	
				Tráfico	No Contempla	
				Sísmico	Si Contempla	
		Suelos (condiciones de cimentación)		Hidráulica	Si Contempla	
				Suelo expansivo	No	
	Suelo compresible (asentamiento)		No			
		Evidencia de bombeo	No			
05.04	INDICADORES PELIGRO	Agrietamiento		No		
		Tensión		No		
		Depósitos superficiales y exudaciones.		No		
		Fugas		No		
05.05	CONDICIONES ACTUALES DE LA ESTRUCTURA	Alineación general de la estructura	Asentamiento	No		
			Desviación	No		
			Estado general: bueno, satisfactorio, pobre	Bueno		
		Superficies moldeadas y acabadas.	Suavidad	No		
			Rayas de arena	No		
			Poros	No		
			Juntas frias	No		
			Tensión	Si		
		Agrietamiento	Ubicación y frecuencia	No		
			Ancho y patrón	No		
			Lixiviación, estalactitas	No		
			Trabajando o no trabajando (latente)	No		
		Descascaramiento	Area	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Incrustaciones	Tamaño	No		
			Profundidad	No		
			Tipo	No		
		Manchas, eflorescencias		No		
		Refuerzos expuestos: corrosión.		No		
		Deformaciones		No		
Erosión	Abrasión	Si				
	Cavitación	No				
Parches y reparaciones anteriores		No				
revestimientos de superficies, sistemas de protección, revestimientos, coberturas	Tipo y grosor	Tarrajeo 3 cm				
	Condición	Buena				
05.06	CONDICIONES DE LAS INSTALACIONES SANITARIAS	Tuberia de Ingreso de Aguas lixiviadas del Lecho de Secado		Eficiente		
		Tuberia de ingreso del Tanque Imhoff al Filtro		Deficiente		
		Condicion General de las instalaciones Sanitarias		Mala		