

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA HIDRÁULICA



TESIS

**“EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CONTUMAZÁ, 2021”**

Para optar por el título profesional de

INGENIERO HIDRÁULICO

Autor

Bach. JAIME AMAMBAL ZAMBRANO

Asesor:

Dr. Ing. Méndez Cruz Gaspar Virilo

CAJAMARCA-PERU

2023

AGRADECIMIENTOS

A: Dios por darme la vida, la sabiduría y la bendición de poder estudiar.

A mis padres por el apoyo, paciencia, la fortaleza para salir adelante y el ejemplo de superación como parte fundamental de mi vida.

A la EPS, CAJAMARCA, por permitirme realizar mi investigación.

A mi asesor Dr. Ing. Gaspar V. Méndez Cruz por la asesoría en el desarrollo de la presente investigación.

La Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Escuela Académico de Ingeniería Hidráulica por ser parte de mi formación.

A mis tíos, tías y abuelos que de distintas maneras me han guiado e incentivado a esforzarme. A mis amigos que me han acompañado a lo largo de este proceso tanto fuera como dentro de la universidad

DEDICATORIA

A: Dios: por guiarme mis pasos y no abandonarme nunca.

Mi madre: Marcelina Zambrano Chuquimango por su inmenso amor, que ha sido mi soporte en las decisiones que he tomado, la paciencia y protección con la que me acompaña en mí caminar; siendo el mayor ejemplo para mi vida.

Mi padre: Sabino Amambal Ayay que me ha brindado su cariño, apoyo incondicional, confianza a lo largo de mi vida y motivarme a ser siempre alguien mejor.

A mis hermanos Elmer, Wilmer, Orlando, Ermelinda, Edy, Yolanda y Nélida quienes forman parte de mi vida y están en los malos y buenos momentos.

Mi esposa: Vilma Culqui Cueva por su amistad incondicional, apoyo y amor en todo momento, por la motivación de seguir cumpliendo metas y sueños que nos hemos trazado.

INDICE DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTOS	II
DEDICATORIA.....	III
INDICE DE TABLAS.....	V
INICE DE FIGURA	V
RESUMEN.....	VII
SUMMARY	VIII
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	IX
PALABRAS CLAVES	XI
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN.....	2
1.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	2
1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	2
1.2 JUSTIFICACION E IMPORTENCIA DE LA INVESTIGACION.....	2
1.2.1 JUSTIFICACION CIENTIFICA	2
1.2.2 JUSTIFICACION TECNICA PRACTICA	3
1.2.3 JUSTIFICACION INTERPERSONAL Y PRSONAL.....	3
1.3 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION.....	3
1.4 LIMITACIONES	3
1.5 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	4
1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	4
CAPITULO II. MARCO TEORICO.....	5
2.1 ANTECEDENTES TEORICAS DE LA INVESTIGACION.....	5
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	5
2.2.1 AGUAS RESIDUALES	5
2.2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES.....	8
2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	14
2.2.4 EFICIENCIA DE LOS PARAMETROS.....	16
2.2.5 MEDICIÓN DE CAUDAL.....	16
2.2.6 COMPONENTES HIDRÁULICOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)	19
2.2.7 CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES: NORMATIVA AMBIENTAL EN EL PERU	21
CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS.....	24
3.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO	24
3.2 EQUIPOS Y MATERIALES.....	28
3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.4 FASE DE CAMPO.....	29
3.5 FASE DE LABORATORIO.....	31
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1 CALIBRACIÓN DEL VERTEDERO.....	32
4.2 RESULTADOS DE LABORATORIO	35
4.3 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA DE LOS PARÁMETROS DE LAS DIFERENTES ESTRUCTURAS	38
4.4 EVALUACION HIDRAULICA	39
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	53
5.1 CONCLUSIONES.	53
5.2 RECOMENDACIONES	53
CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
CAPITULO VII. LICONGRAFÍA	55

CAPITULO VIII. ANEXOS.....	1
-----------------------------------	----------

INDICE DE TABLAS

TABLA 1 CONTAMINANTES EN EL AGUA RESIDUAL	6
TABLA 2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES	6
TABLA 3 COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS	8
TABLA 4 NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS.....	9
TABLA 5 CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES NIVELES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	10
TABLA 6 OBJETIVO DE LOS PROCESOS DE TRATAMIENTO PRELIMINAR O PRETRATAMIENTO	11
TABLA 7 COMPARACIÓN DE LOS LMP PARA EFLUENTES DE PTAR Y ECA-AGUA.....	23
TABLA 8 CAUDAL VOLUMÉTRICO.....	32
TABLA 9 CAUDAL TEÓRICO.....	32
TABLA 10 CAUDAL TEÓRICO Y CAUDAL REAL.....	33
TABLA 11 CAUDAL AFORADO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN 24 HORAS	33
TABLA 12 RESUMEN DE CAUDALES.....	34
TABLA 13 TABLA DE RESULTADOS.....	35
TABLA 14 INGRESO Y SALIDA DEL TANQUE IMHOFF Y LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LABORATORIO VS LMP	35
TABLA 15 SALIDA DEL TANQUE IMHOFF E INGRESO AL TANQUE DORTMUND Y LOS PARÁMETROS OBTENIDOS EN LABORATORIO VS LMP.....	36
TABLA 16 SALIDA DEL SEDIMENTADOR DORTMUND E INGRESO A LOS FILTROS PERCOLADORES	36
TABLA 17 SALIDA DE LOS FILTROS PERCOLADORES E INGRESO A LOS HUMEDALES ARTIFICIALES	37
TABLA 18 SALIDA DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES (EFLUENTE)AL RIO CONTUMAZÁ.....	37
TABLA 19 PARÁMETROS DEL AFLUENTE Y EFLUENTE (INGRESO Y SALIDA)	38
TABLA 20 RESUMEN DE EFICIENCIA DE CADA COMPONENTE DE LA PTAR.....	38
TABLA 21 EFICIENCIA DE LA PTAR.....	38
TABLA 22 CAUDAL VOLUMÉTRICO	39
TABLA 23 CAUDAL TEÓRICO.....	40
TABLA 24 AFORO DE CAUDALES.....	41
TABLA 25 TIEMPO TRANSCURRIDO UNA GOTA DE AGUA.....	42
TABLA 26 TIEMPO DE 3 OBJETOS UTILIZADOS PARA CALCULAR EL TIEMPO.....	43
TABLA 27 VOLUMEN HORARIO.....	46

INICE DE FIGURA

Fig 1 COMPOSICIÓN GENERAL DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICA(ARD).....	7
FIG. 2 VERTEDERO TRIANGULAR	18
FIG. 3 UBICACIÓN POLÍTICA Y GEOGRÁFICA Y REFERENCIAL DE LA ZONA DE ESTUDIO	25

FIG. 4 UBICACIÓN DE LA PTAR DE CONTUMAZÁ.....	27
FIG. 5 IMAGEN SATELITAL.....	27
FIG. 6 MATERIALES UTILIZADOS	28
FIG. 7 PUNTOS DE MONITOREO	30
FIG. 8 CAUDAL AFORADO COMPORTAMIENTO DEL CAUDAL DURANTE 24 HORAS.....	34
FIG. 9 VERTEDERO TRIANGULAR.....	40
FIG. 10 AFORO DEL CAUDAL.....	41
FIG. 11 DESARENADOR.....	42
FIG. 12 TINTE.....	43
FIG. 13AÑIL.....	44
FIG. 14 FINAL DEL TINTE	44
FIG. 15 OBJETO RECORRIDO	45
FIG. 16 RECORRIDO FINAL DEL OBJETO.....	45
FIG. 17 PLANTA DE TANQUE IMHOFF.....	46
FIG. 18 PLANO EN PLANTA DEL TRATAMIENTO PRIMARIO COMO ES EL CASO DEL TANQUE IMHOFF	47
FIG. 19 PUNTO DE INICIO DEL TANQUE IMHOFF	47
FIG. 20 LLEGADA DEL OBJETO DEL TANQUE IMHOFF.....	48
FIG. 21 PLANTA DEL SEDIMENTADOR DORTMUND.....	48
FIG. 22 INICIO DEL SEDIMENTADOR DORTMUND.....	49
FIG. 23 FINAL DEL OBJETO DEL SEDIMENTADOR DORTMUND.....	49
FIG. 24 DRENAJE DE LOS FILTROS PERCOLADORES	50
FIG. 25 TUBERÍA PERFORADA	51
FIG. 26 PLANTA DE HUMEDALES ARTIFICIALES.....	52
FIG. 27 SECCIÓN TRANSVERSAL DE HUMEDALES ARTIFICIALES.....	52

RESUMEN

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, ubicada al margen derecho del río Contumazá, distrito de Contumazá provincia de Contumazá, región Cajamarca. Tuvo como finalidad estimar las eficiencias y análisis hidráulico de las estructuras que involucran en el tratamiento (tratamiento primario, secundario y terciario) mediante un análisis fisicoquímico de las muestras obtenidas a la entrada y salida de las estructuras que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales y parámetros de diseños que deberían cumplir las estructuras hidráulicas así como desarenador, tanque Imhoff, sedimentador Dortmund, filtros percoladores y humedales artificiales.

SUMMARY

The investigation was carried out in the wastewater treatment plant of the city of Contumazá, located on the right bank of the Contumazá river, district of Contumazá, province of Contumazá, Cajamarca region. Its purpose was to estimate the efficiencies and hydraulic analysis of the structures involved in the treatment (primary, secondary and tertiary treatment) through a physicochemical analysis of the samples obtained at the entrance and exit of the structures that make up the wastewater treatment plant. and design parameters that the hydraulic structures should meet, as well as the sand trap, Imhoff tank, Dortmund settler, trickling filters and artificial wetlands

DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Bases de diseño: Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento de los procesos de tratamiento. Los datos generalmente incluyen: poblaciones, caudales, concentraciones y aportes per cápita de las aguas residuales. Los parámetros que usualmente determinan las bases del diseño son: DBO, sólidos en suspensión, coliformes fecales y nutrientes (RNE, 2009).

By-pass: Conjunto de elementos utilizados para desviar el agua residual de un proceso o planta de tratamiento en condiciones de emergencia, de mantenimiento o de operación.

Carga superficial: Caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso del tratamiento (RNE, 2009).

Criterios de diseño: Guías de ingeniería que especifican objetivos, resultados o límites que deben cumplirse en el diseño de un proceso, estructura o componente de un sistema.

Depuración de aguas residuales: Purificación o remoción de sustancias objetables de las aguas residuales; se aplica exclusivamente a procesos de tratamiento de líquidos (RNE, 2009). **Disposición final:** Disposición del efluente o del lodo tratado de una planta de tratamiento. **Efluente:** Es el flujo de agua residual después de ser sometidas a un proceso de tratamiento (CINTRÓN, 2007).

Eficiencia del tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentaje (RNE, 2009).

Entidad prestadora de servicios de saneamiento (EPS) Es quien produce, distribuye y comercializa el agua potable, y quien se encarga de la recolección, tratamiento y disposición final de las aguas servidas, la recolección de las aguas provenientes de las lluvias y la disposición sanitaria de excretas. (OEFA, 2014)

Lodo crudo: Lodo retirado de los tanques de sedimentación primaria o secundaria, que requiere tratamiento posterior (espesamiento o digestión) (RNE, 2009).

Manejo de aguas residuales: Conjunto de obras de recolección, tratamiento y disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia en relación a las aguas residuales.

Materia orgánica: Sustancias de material de plantas y animales muertos, con estructura de carbono e hidrógeno (DEPARTAMENTO DE SANIDAD DEL ESTADO DE NUEVA YORK, 2006).

Muestreo: Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro que se va a analizar. (Norma OS-090, 2015)

Población equivalente: La población estimada al relacionar la carga de un parámetro (generalmente DBO, sólidos en suspensión) con el correspondiente aporte per cápita (g DBO/(hab.d) o g SS/ (hab.d)).

Requisito de oxígeno: Cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización aerobia de la materia orgánica y usada en la reproducción o síntesis celular y en el metabolismo endógeno. **Reuso de aguas residuales:** Utilización de aguas residuales debidamente tratadas para un propósito específico.

Tratamiento anaerobio: Estabilización de un desecho orgánico por acción de microorganismos en ausencia de oxígeno.

Tiempo de retención hidráulica (T): tiempo medio teórico que se demoran las partículas de agua en un proceso de tratamiento de aguas residuales. Usualmente se expresa como la razón entre el volumen y el caudal útil.

Tratamiento biológico: Procesos de tratamiento que intensifica la acción de los microorganismos para estabilizar la materia orgánica presente.

PALABRAS CLAVES

Hidráulica

Eficiencia

Afluente

efluente

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Contumazá, luego de mucho tiempo, concretizó su anhelo de tener su Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), obra ejecutada en el año 2018 por la EPS SEDACAJ S.A. Teniendo pocos años de funcionamiento, existe muchas dudas y hay preocupación en la población contumacina, de saber si el tratamiento que realiza la referida PTAR, cumple con los estándares de Calidad Ambiental, para que no genere contaminación en el flujo de evacuación en el río Contumazá.

El presente proyecto trata de la evaluación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) de la ciudad de Contumazá, con la finalidad de conocer el nivel de tratamiento que genera dicha PTAR, para ello se requiere saber el funcionamiento actual de la planta, evaluando la secuencia del proceso de tratamiento, así como cada una de las partes que componen al tratamiento en sí. Se realizará una descripción detallada de toda la PTAR y, de cada uno de los procesos y unidades de la planta, se presentará el levantamiento del plano arquitectónico existente y se obtendrá un diagnóstico sobre el funcionamiento y operación del sistema de tratamiento.

En general, el efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas, deben estar entre 50 y 90 mg/l O₂ de DBO₅ y hasta 180 mg/l O₂ de DQO, los sólidos suspendidos totales deben estar entre los 50 y 90 mg/l y los sólidos sedimentables por debajo de los 5 mg/l, según la Resolución 0631-2015 del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS)

Para el desarrollo del proyecto se realizará una serie de ensayos en las instalaciones de la PTAR de la ciudad de Contumazá, esto permitirá llegar al cumplimiento de los objetivos propuestos y el desarrollo de las conclusiones correspondientes sobre los resultados que se obtendrán con las actividades programadas para la ejecución del proyecto.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1 CONTEXTUALIZACIÓN

La construcción se ha realizado en 03 etapas debido a la deficiencia económica, las 03 etapas se han paralizado la obra y esto hace que la población empiece a preocuparse. si se va realizar un buen trabajo de la planta de tratamiento.

La PTAR no cuenta con equipos y/o estructuras en funcionamiento que permita cuantificar el caudal de ingreso.

El funcionamiento y comportamiento hidráulico de las estructuras que conforman la planta de tratamiento de aguas residuales, se encuentra operando sin asistencia técnica que pueda mejorar el proceso de tratamiento, esto implica que el agua entregada al río de Contumazá no cumpla con los estándares de calidad de agua, debido al mal manejo de operación y mantenimiento de la planta.

Por lo tanto, se planteó realizar la presente investigación

1.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

Las aguas residuales de la ciudad de Contumazá, cuenta con la infraestructura adecuada y recién construida, pero no cumplen con los estándares de calidad de agua residual para ser evacuadas por lo que la investigación se enfocara en analizar los componentes físico químico y funcionamiento hidráulico de cada componente de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá.

1.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.

¿Conocer cuál es el nivel de contaminación del fluente de aguas residuales del río Contumazá?

1.2 JUSTIFICACION E IMPORTENCIA DE LA INVESTIGACION

1.2.1 JUSTIFICACION CIENTIFICA

La eficiencia de cada una de las partes de la planta de tratamiento de aguas residuales, es vital para el buen funcionamiento, de ahí la importancia para analizar, evaluar los componentes y su capacidad de eliminar aguas residuales de calidad. Además, no tienen un control en cuanto al pre tratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, en la operación y mantenimiento por parte del personal (sin

capacitación). Con esta investigación serán beneficiados directamente los usuarios de la planta de tratamiento de Aguas residuales, ya que de haberse identificado los problemas que presenta la planta se recomendará las posibles soluciones y de esta manera mejorar la calidad de agua para la población de la ciudad de Contumazá.

1.2.2 JUSTIFICACION TECNICA PRACTICA

Durante la inspección a la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, luego de haber sido puesta en funcionamiento se detecta que cada componente no se encontraba realizando adecuadamente la función encomendada, por lo que decido realizar una investigación para cerciorarme que la calidad de agua residual esta evacuando al rio contiguo.

1.2.3 JUSTIFICACION INTERPERSONAL Y PRSONAL

Los límites máximos permisibles (Lmp) en los vertimientos de agua residuales son de gran importancia, para tener en cuenta durante la evacuación de estas, porque en la mayoría se utilizan estas aguas para la agricultura y consumo de los animales, por lo tanto, debe cumplir con ciertos parámetros aceptables para dichas actividades.

1.3 DELIMITACION DE LA INVESTIGACION

La finalidad del trabajo de investigación es reducir la contaminación por aguas residuales mal tratadas, a la población de Contumazá que hace uso de dichas aguas, porque estas son evacuadas al rio de Contumazá, y usadas para diferentes actividades para lo cual evaluaremos la eficiencia de las diferentes estructuras hidráulicas que forman parte de la PTAR.

1.4 LIMITACIONES

Para realizar esta investigación los limitantes son la distancia, el tiempo, la movilidad y la disponibilidad del personal de laboratorio de SEDACAJ, dichos factores influyen en la toma de las muestras durante todos los días y las horas exactas para realizar la actividad, ya que dichas muestras deben ser trasladadas lo más pronto posible hacia el laboratorio de SEDACAJ ubicado en provincia de Cajamarca, por lo que se decidió realizar dichas tomas de muestra de manera interdiaria y fin de semana durante 1 semana en el mes de julio del 2021.

1.5 OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR) de la ciudad de Contumazá.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- ✓ Analizar todos los componentes de la PTAR de la ciudad de Contumazá.
- ✓ Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas del afluente a la PTAR.
- ✓ Evaluar hidráulicamente cada componente de la PTAR de la ciudad de Contumazá.
- ✓ Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas del efluente en cada uno de los componentes de la PTAR de la ciudad de Contumazá.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 ANTECEDENTES TEORICAS DE LA INVESTIGACION.

En 2014, licenciatura en ciencias ambientales con énfasis en gestión ambiental Diego Josué Robin Macloni Morán Villela **“diseño de planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de san juan Chamelco, alta Verapaz”** cuyo objetivo es Diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales para el municipio de San Juan Chamelco, Alta Verapaz. Como resultado Se plantea una medida de mitigación, ante los hallazgos encontrados en la carga contaminante. Proponiendo una PTAR de nivel secundario para reducir la carga, considerando que esta influye negativamente al municipio a nivel ambiental, social y económico.

En 2013, el Lic. Carlos Alfonso Gálvez Gudiel de la universidad Rafael Landívar, presentó la tesis **“eficiencia de la planta de tratamiento de agua residual de san lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez”**, cuyo objetivo es Evaluar la eficiencia en época seca de la planta de tratamiento de agua residual municipal por medio de características fisicoquímicas y bacteriológicas en el municipio de San Lucas Sacatepéquez, Sacatepéquez. Como resultado se obtuvo de que la eficiencia de la PTAR no es la adecuada para la cantidad de materia que recibe, esto se debe a que los parámetros de la DBO5, DQO, fósforo y nitrógeno no llegan a ser removidos de una manera eficiente por la planta de tratamiento.

En 2016, el Bach. Manuel David Martínez Bardales de la Universidad Nacional de Cajamarca, presentó la tesis **“Eficiencia de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y solidos suspendidos totales en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín”**, cuyo objetivo es determinar la eficiencia de la remoción de la DBO, DQO y SST en referida planta. Como resultado de eficiencia se obtuvo 91.507% para DBO, 91.098% para DQO, 83.20% para SST, lo que determina que la eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales de Celendín es alta.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a Mara (1976), citado por Mendonça (2000), las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en

actividades domésticas, industriales y comunitarias, siendo recogidas por la red de alcantarillado que las conducirá hacia un destino apropiado. (Romero,2002)

Tabla 1 Contaminantes en el agua residual

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua residual en aguas superficiales
Sustancias que consumen oxígeno (MO* biodegradable).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
Nutrientes: Nitrógeno Fósforo	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Microorganismos patógenos	ARD	Comunicación de enfermedades.
Materia tóxica Metales pesados Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD (surfactantes) y ARA (pesticidas, nutrientes); materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos disueltos Cloruros Sulfuros pH	Abastecimiento agua, uso agua, infiltración ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H ₂ S	Descomposición de ARD	Molestia pública
*MO; Materia orgánica *ARD: Aguas residuales domésticas *ARI: Aguas residuales industriales; *ARA: Aguas residuales agrícolas.		

Alaerts, G.1995

Tabla 2 Clasificación de las aguas residuales

Tipo	Definición
Aguas residuales domésticas	Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos orgánicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.
Aguas residuales industriales	Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras.
Aguas residuales municipales	Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

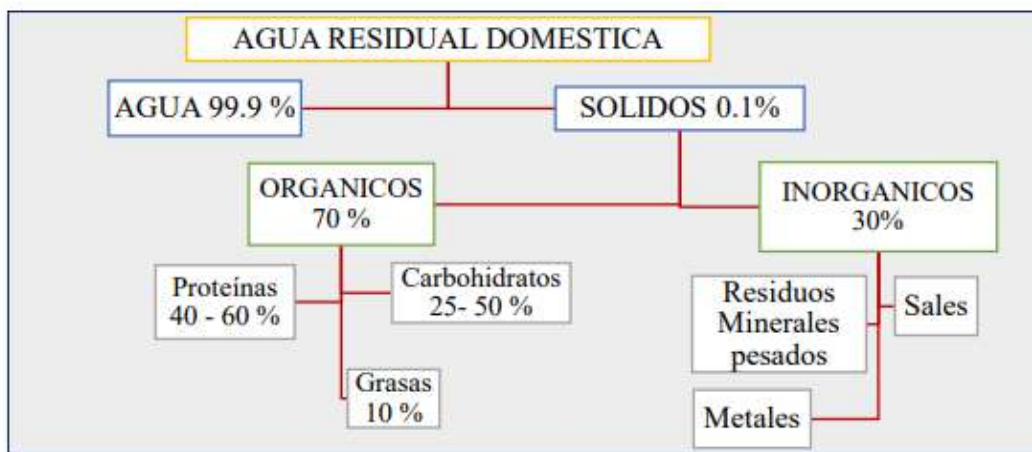
Fuente:(OEA,2014)

COMPOSICIÓN TÍPICA DEL AGUA RESIDUAL

La composición de las aguas residuales se refiere a las cantidades de constituyentes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas residuales (Metcalf y Eddy, 1995).

El agua residual doméstica (ARD), está compuesta por un 99.9% de agua y un 0.1% de sólidos, de los cuales el 70% son orgánicos y el 30% son inorgánicos como arenas, sales y metales; siendo éste 0.1% el que debe ser sometido a tratamiento en las PTARs. La composición del agua residual está en función del uso, ésta depende tanto de las características sociales y económicas de la población, así como del clima, la cultura y del uso del suelo entre otras. La Figura 1 presenta la composición general de las ARD y la Tabla 3 presenta la composición típica y a la vez realiza una comparación de los aspectos más importantes en el proceso de selección de tecnología para el tratamiento de aguas residuales (Von Sperling y Chernicharo, 2005).

Fig 1 Composición general de las aguas residuales doméstica(ard)



Fuente:(Metcalf Eddy,1995)

Tabla 3 Composición típica de aguas residuales domésticas

Constituyente	Concentración			
	Unidades	Fuerte	Media	Débil
Sólidos Totales	mg/l	1200	720	350
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	850	500	250
Fijos	mg/l	525	300	145
Volátiles	mg/l	325	200	105
Sólidos Suspendidos	mg/l	350	220	105
Fijos	mg/l	75	55	20
Volátiles	mg/l	275	165	80
Sólidos Sedimentables	ml/l	20	10	5
Demanda Bioquímica de	mg/l	400	220	110
Carbono Orgánico Total	mg/l	290	160	80
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	1000	500	250
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	85	40	20
Orgánico	mg/l	35	15	8
Amoniaco libre	mg/l	50	25	12
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	15	8	4
Orgánico	mg/l	5	3	1
Inorgánico	mg/l	10	5	3
Cloruros	mg/l	100	50	30
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	200	100	50
Grasa	mg/l	150	100	50
Sulfato	mg/l	34	22	12
Coliformes totales	Nº/100 ml	10 ⁷ -	10 ⁷ - 10 ⁸	10 ⁶ - 10 ⁷
Compuestos orgánicos	µg/l	>400	100 - 400	<100

(1) Estos valores dependen de la cantidad presente de agua en el suministro

Fuente:(Metcalf Eddy,1995)

2.2.2 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales (o agua servida, doméstica, etc.) incorpora procesos físicos químicos y biológicos, que tratan y remueven contaminantes físicos, químicos y biológicos introducidos por el uso humano cotidiano del agua. El objetivo del tratamiento es producir agua limpia (o efluente tratado) o reutilizable al ambiente, y un residuo sólido o lodo que con un proceso adecuado sirve como fertilizante orgánico para la agricultura o jardinería (Carrión, G. 2008).

Objetivos del tratamiento de aguas residuales

El objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales es corregir sus características indeseables, de tal manera que su uso o disposición final pueda ocurrir de acuerdo a las reglas y criterios definidos por las autoridades legislativas. Diversos autores argumentan que el objetivo básico del tratamiento de aguas residuales es proteger la salud, promover el bienestar de las personas y proteger

el ambiente. Para otros autores, el objetivo es modificar las características del agua de tal forma que el efluente tratado cumpla con los requisitos especificados en la legislación, para ser vertido en un cuerpo receptor sin causar impactos adversos en el ecosistema o pueda ser reutilizado en otras actividades (Bernal, D.; Cardona, D.; Gavis, A. Y Peña, M., 2002).

Tabla 4 Niveles de tratamiento de aguas residuales domésticas

Nivel	Descripción	Tipo de unidad
Preliminar	Remueve material causante de problemas operacionales como trapos, ramas, arenisca, material	Rejas, tamices, desarenador, tanques de homogenización, trampas de grasa
Primario	Remueve una porción de sólidos suspendidos y de materia orgánica	Sedimentador, unidades con inyección de aire, tanque séptico, Imhoff
Nivel	Descripción	Tipo de unidad
Secundario	Remueve materia orgánica biodegradable disuelta o suspendida. Puede ir acompañado de procesos	Lodos activados, biodiscos, filtros percoladores, humedales, lagunas, reactor UASB
Terciario	Remueve sólidos suspendidos a través de microfiltración, además en este nivel se remueven	Microfiltración, la coagulación y precipitación, la adsorción por carbón activado, cloración
Avanzado	Remueve material remanente suspendido o disuelto, después de tratamiento biológico	Destilación, osmosis, cloración, ozonización, intercambio iónico, nanofiltración, adsorción por carbón activado, electrodiálisis

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995).

A continuación, en la Tabla 9, se resume las características de los principales niveles de tratamiento de aguas residuales domésticas (ARD).

Tabla 5. Características de los principales niveles de tratamiento de aguas residuales

Tabla 5 Características de los principales niveles de tratamiento de aguas residuales

Nivel de tratamiento	ÍTEM		
	Mecanismos predominantes	Contaminantes removidos	Eficiencias de reducción
Preliminar	Físico	Sólidos gruesos (basuras, arenas) Grasa Acondicionamiento químico (pH)	SS: <10 % DBO: <10 % Coliformes:» 0 % Nutrientes:» 0 %
Primario	Físico	Sólidos suspendidos sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente)	SS: 40-50 % DBO: 25-35 % Coliformes: 30-40 % Nutrientes: < 20 %
Primario avanzado	Físico y químico	Sólidos suspendidos sedimentables y no sedimentables Materia orgánica suspendida (parcialmente) Fósforo	SS: 70-85 % DBO: 45-55 % Coliformes: 60-90 % Nutrientes: 20 %N; 50-95 % P
Secundario	Biológico o químico	Sólidos no sedimentables Materia orgánica suspendida fina/soluble (parcialmente) Nutrientes (parcialmente) Patógenos (parcialmente)	SS: 60-99 % DBO: 60-99 % Coliformes: 60-99 % Nutrientes: 10-50 %
Terciario	Biológico o químico	Contaminantes específicos Materia orgánica fina y soluble (pulimento) Nutrientes Patógenos (principalmente)	SS: >99 % DBO: >99 % Coliformes: >99.9 % Nutrientes: >90 %

PRE-TRATAMIENTO

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento. Los objetivos de tratamiento de las unidades preliminares se muestran en la Tabla 11 (Rojas, r. 2002).

Desbaste o Cribado:

Cámara diseñada para reducir la velocidad del agua residual y permitir la remoción de sólidos minerales (arena y otros), por sedimentación (Norma. O.S.090).

Desarenadores.

El sistema que más se utiliza para retirar la arena es el de tipo rectangular de flujo horizontal, donde los principales elementos son sólidos como arenas, cenizas y grava. Estas pueden causar problemas de operación ya que pueden llegar a acumularse alrededor de las tuberías de entrada provocando una obstrucción de la misma. Este sistema está conformado por una caja o canal, donde los sólidos o partículas se desprenden del líquido por gravedad (Salazar, 2003).

Tabla 6 Objetivo de los procesos de tratamiento preliminar o pretratamiento.

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de sólidos gruesos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Desengrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Preaeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: (Rojas, R. 2002)

Tratamiento Primario

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos (Rojas, R. 2002).

Después de haber retirado elementos sólidos de tamaños mayores, el tratamiento primario tiene como objetivo remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga que se tratará biológicamente en el proceso posterior (Arce, J. 2013).

Sedimentación: Este proceso depende de los pesos específicos de los sólidos, debido a que determinará su comportamiento. Algunos sólidos que tienen el peso específico mayor que el agua sedimentada pasarán a sedimentarse y las partículas que tiene peso específico menor flotarán. Cabe señalar que, en el tratamiento primario se pueden encontrar tanques de sedimentación y tanques de flotación, ambos por separado. En el caso del tanque de sedimentación, genera la acumulación de material mediante gravedad, esperando recolectar la mayor cantidad de material sólido residual en el fondo, esta remueve de un 30 a un 40% de DBO5 y de un 50 a 75% de sólidos suspendidos (Metcalf y Eddy, 1995).

Tanque Imhoff

El tanque Imhoff consiste en un depósito en el que se distinguen dos zonas claramente separadas. Una parte superior denominada zona de sedimentación, en donde se produce la decantación de los sólidos, y una parte inferior, denominada zona de digestión en donde se almacenan y digieren los sólidos decantados. Ambas zonas se encuentran separadas físicamente por una estructura en forma de casa invertida abierta en el fondo, que impide el paso de los gases de la zona de digestión a la zona de sedimentación (Huertas y otros, 2013).

Sedimentador secundario tipo Dortmund

Esta unidad es similar al sedimentador primario, diferenciándose generalmente en sus dimensiones más grandes que corresponden a diferentes periodos de retención. A la salida de este sedimentador la eficiencia final en el tratamiento será mayor del 90%. El agua que sale del Reactor Anaeróbico arrastra partículas pequeñas que en esta unidad son retenidas. (Carlos, 2008)

Tratamiento secundario

Según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2009), un tratamiento secundario incluye procesos biológicos con una eficiencia de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) mayor a 80% e incluye los siguientes sistemas de tratamiento: lagunas de estabilización, lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación y otras variantes), filtros biológicos y módulos rotatorios de contacto biodiscos (Metcalf y Eddy, h. 1995)

Filtro percolador

Sistema en el que el agua residual sedimentada pasa sobre un medio filtrante de piedra gruesa o material sintético. La película de microorganismos que se desarrolla sobre el medio filtrante estabiliza la materia orgánica del agua residual (Norma. O.S.090).

Humedal artificial

Son sistemas de Fito-depuración de aguas residuales. El sistema consiste en el desarrollo de un cultivo de macrófitas enraizadas sobre un lecho de grava impermeabilizado. La acción de las macrófitas hace posible una serie de complejas

interacciones físicas, químicas y biológicas a través de las cuales el agua residual afluyente es depurada progresiva y lentamente (Cooper, 1996).

Los humedales eliminan contaminantes mediante varios procesos que incluyen sedimentación, degradación microbiana, acción de las plantas, absorción, reacciones químicas y volatilización. Reemplazan así el tratamiento secundario e inclusive, bajo ciertas condiciones, al terciario y primario de las aguas residuales. Su funcionamiento se fundamenta en tres principios básicos: La actividad bioquímica de microorganismos, el aporte de oxígeno a través de los vegetales durante el día y el apoyo físico de un lecho inerte que sirve como soporte para el enraizamiento de los vegetales, además de servir como material filtrante. En conjunto, estos elementos eliminan materiales disueltos y suspendidos en el agua residual y biodegradan materia orgánica hasta mineralizarla y formar nuevos organismos (Kolb, 1998).

Tratamiento Terciario

Desinfección

No todos los organismos se destruyen durante el proceso, punto en el que radica la principal diferencia entre la desinfección y la esterilización, proceso que conduce a la destrucción de la totalidad de los organismos. En el campo de las aguas residuales, las tres categorías de organismos entéricos de origen humano de mayores consecuencias en la producción de enfermedades son las bacterias, los virus y los quistes amebianos. Las enfermedades bacterianas típicas transmitidas por el agua son: los tifos, el cólera, el para tifus y la disentería bacilar, mientras que las enfermedades causadas por los virus incluyen, entre otras, la poliomielitis y la hepatitis infecciosa. El objetivo de esta sección es introducir al lector los conceptos generales que intervienen en el proceso de desinfección de microorganismos. (Metcalf y Eddy. 2003)

Desinfección con cloro

Como ya se ha comentado anteriormente, de todos los desinfectantes empleados, el cloro es quizás el más universal utilizado. La razón de este hecho hay que buscarla en que satisface la mayoría de los requisitos que se plantean en la Tabla

7-3. Dado que los aspectos prácticos relacionados con el proceso de cloración. (Metcalf y Eddy. 2003)

2.2.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los estudios de caracterización del agua residual están encaminados a determinar: las características físicas, químicas y biológicas del agua y las concentraciones de los constituyentes del agua residual (Metcalf, I. y Eddy, h. 1995).

A continuación, se describen brevemente los constituyentes físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales, los contaminantes importantes de cara al tratamiento de las aguas, los métodos de análisis, y las unidades que se emplean para caracterizar la presencia de cada uno de los contaminantes en el agua residual (Metcalf y Eddy, h. 1995).

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, el color y la turbiedad (Metcalf y Eddy, h. 1995).

Sólidos

El agua residual contiene distintos tipos de materiales sólidos que van desde hilachas hasta materiales coloidales, en la caracterización de las aguas, los materiales más gruesos son removidos usualmente antes de analizar los sólidos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

Sólidos Totales: Analíticamente, se define como la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de entre 103° y 105°C. No se define como sólido aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor (Pedraza, P. 2009).

Temperatura:

Generalmente la temperatura del agua residual es mayor que a la del abastecimiento, esto como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente de las descargas domésticas. Esta medición es importante ya que en los sistemas de tratamiento de aguas residuales hay procesos biológicos que dependen de la temperatura. También afecta directamente las reacciones químicas

y las velocidades de reacción, la vida acuática y procesos biológicos de los sistemas (Crites & Tchobanoglous, 2000).

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

Los constituyentes químicos dentro de las aguas residuales frecuentemente se clasifican en inorgánicos y orgánicos. Los compuestos inorgánicos incluyen elementos individuales y una variedad de nitratos y sulfatos. Los constituyentes inorgánicos de mayor interés comprenden nutrientes, compuestos no metálicos, metales y gases. En el caso de los compuestos orgánicos no pueden ser clasificados de forma separada; son de vital importancia en el tratamiento, vertido y reutilización de aguas residuales de la misma manera los compuestos orgánicos específicos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

-Materia Orgánica: Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40 % de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos de origen animal y vegetal, así como de las actividades humanas relacionadas con la síntesis de compuestos orgánicos. También pueden estar presentes otros elementos como azufre, fósforo o hierro. Los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40-60%), hidratos de carbono (25-50%) y grasas y aceites (10%) (Pedraza, P. 2009).

- Demanda Bioquímica de Oxígeno en cinco días (DBO5): Es la cantidad de materia orgánica fácilmente biodegradable durante cinco días y a 20°C y corresponde a la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica. La determinación de este, está relacionada con la medición del oxígeno disuelto que consumen los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.
- Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Es la cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación química (destrucción) de la materia orgánica. Esta prueba proporciona un medio indirecto de la concentración de materia orgánica en el agua residual (ROJAS, R. 2002). La relación DQO/DBO5 proporciona una indicación de la biodegradabilidad de las aguas residuales, el mismo que nos indica que si esta relación es mayor a 0.5 se puede utilizar un tratamiento del tipo biológico (Rojas, R. 2002).

-**Coliformes Fecales:** Los microorganismos patógenos que existen en las aguas residuales son pocos y difíciles de aislar e identificar, por esta razón se utiliza a los microorganismos coliformes como un organismo indicador de contaminación o presencia de organismos productores de alguna enfermedad (rojas, r. 2002)

2.2.4 EFICIENCIA DE LOS PARAMETROS

Eficiencia de remoción en cuanto a DBO, DQO Y SST.

La eficiencia de remoción de carga contaminante en un sistema de tratamiento de aguas residuales viene dada por:

$$E = \left(\frac{S_0 - S_f}{S_0} \right) \times 100 \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- E: Eficiencia de remoción del sistema, o de uno de sus componentes [%]
- Sf: Concentración en el Efluente en mg/L (DQO, DBO o SST)
- So: Concentración en el Influyente en mg/L (DQO, DBO o SST)

2.2.5 MEDICIÓN DE CAUDAL

Para la determinación del caudal, las PTAR pueden utilizar sistemas de medición del nivel de líquido sobre el medidor (transductores ultrasónicos, de presión sumergidos o por ondas de radar) o de tecnologías que midan la sección y la velocidad en forma simultánea (método por efecto Doppler con ondas ultrasónicas, método electromagnético o método por radar), para tal efecto, en lo que corresponda, se recomienda utilizar la NTP 410.001 del año 2010, Balance Hídrico de Descarga Sanitaria. Determinación del factor de descarga de aguas residuales a la red de alcantarillado (Norma Técnica OS.090)

Caudal máximo diario. Máximo caudal en 24 horas obtenidos a partir de los datos anuales de explotación, es de especial interés en el proyecto de elementos que contemplen un cierto tiempo de retención, como puede ser el caso de tanques de homogeneización o de cloración.

Caudal punta horario. Es el caudal horario punta que se da en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de los datos de explotación anuales. Es de interés para el diseño de colectores, estaciones de bombeo de aguas residuales, medidores de caudal de aguas residuales, desarenadores, tanques de sedimentación, tanques de cloración, y conducciones y canales de una planta de tratamiento.

Caudal mínimo horario. El caudal horario permanente mínimo que se presenta en un periodo de 24 horas, obtenido a partir de datos anuales. La información sobre caudales horarios mínimos es necesaria para determinar posibles efectos sobre algunos procesos y para el dimensionamiento de caudalímetros, especialmente de aquellos que controlan los sistemas de adición de reactivos. En algunas plantas, tales como las de filtros percoladores, se precisa la recirculación del efluente tratado para mantener el proceso durante periodos en los que el caudal afluente es bajo. Los caudales mínimos son importantes en el bombeo de las aguas residuales, con objeto de asegurar la adecuación de los grupos motobomba a los caudales que hay que bombear.

Vertedero.

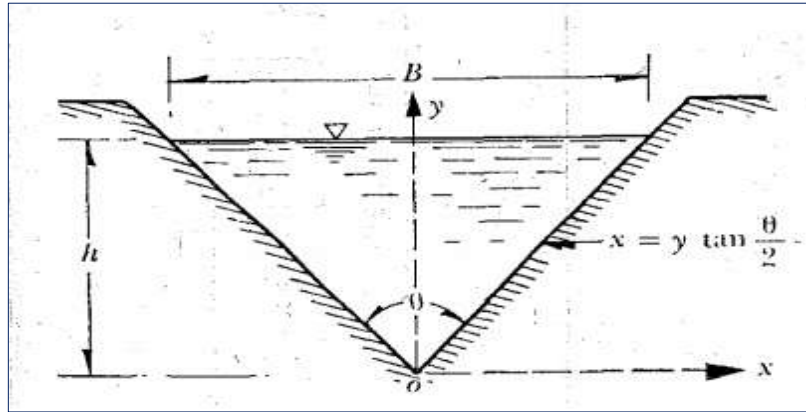
Cuando la descarga del líquido se efectúa por encima de un muro o una placa y a superficie libre, la estructura hidráulica en la que ocurre se llama vertedor; éste puede presentar diferentes formas según las finalidades a que se destine. Así, cuando la descarga se efectúa sobre una placa con perfil de cualquier forma, pero con arista aguda, el vertedor se llama de pared delgada; por el contrario, cuando el contacto entre la pared y la lámina vertiente es más bien toda una superficie, el vertedor es de pared gruesa. Ambos tipos pueden utilizarse como dispositivos de aforo en laboratorio o en canales de pequeñas dimensiones, pero el segundo puede emplearse como obra de control o de excedencias en una presa y también de aforo en canales grandes. El punto o arista más bajo de la pared en contacto con la lámina vertiente, se conoce como cresta del vertedor; el desnivel entre la superficie libre, aguas arriba del vertedor y su cresta, se conoce como carga (Fig. 2)

Vertedero triangular

Cuando el vertedor es de sección triangular (Fig. 7.8), simétrica respecto del eje vertical y con ángulo en el vértice θ , el valor x de la Ec. (7.2) es:

$$x = y \tan\left(\frac{\theta}{2}\right) \dots \dots \dots (3)$$

Fig. 2 Vertedero triangular



Fuente:(Metcalf Eddy,1995)

y la ecuación del gasto (4) es

$$Q = 2g\sqrt{2g\mu} \tan(\theta/2) \int_0^h (h - y)^{1/2} y dy \dots \dots \dots (4)$$

la cual se puede integrar por una substitución. En efecto, haciendo do $z = h - y$, entonces $y = h - z$, $dy = - dz$. Los límites de integración serían: para $y = 0$, $z = h$ y para $y = h$, $z = 0$; la ecuación anterior sería entonces :

$$Q = -2\sqrt{2g\mu} \tan(\theta/2) \int_h^0 z^{\frac{1}{2}} (h - z) dz \dots \dots \dots (5)$$

$$Q = -2\sqrt{2g\mu} \tan(\theta/2) \left[\frac{2hz^{3/2}}{3} - \frac{2}{5} z^{5/2} \right]_h^0 \dots \dots \dots (6)$$

Tomando límites y substituyendo nuevamente a z , se obtiene

$$Q = \frac{8}{15} \sqrt{2g} \tan(\theta/2) \mu h^{5/2} \dots \dots \dots (7)$$

O bien

$$Q = Ch^{5/2} \dots \dots \dots (8)$$

donde C depende de θ , μ y g . Así, por ejemplo, con $\theta = 90^\circ$ vemos que

$$c = \frac{8}{15} \sqrt{2g\mu} = 2.362\mu \dots \dots \dots (9)$$

En la tabla 7,2 se presentan las fórmulas experimentales más conocidas para calcular μ ó C de las Ecs. (7.11) y son válidas para diferentes ángulos θ en el vértice.

Si w es pequeña, el vertedor triangular puede funcionar ahogado. Si h_1 representa la carga, aguas abajo (Fig. 7.11), el coeficiente de gasto con descarga libre deberá multiplicarse por un coeficiente k independiente del ángulo θ , que vale:

$$k = \sqrt{1 - \frac{h_1}{h} \left[1 + \frac{h_1}{2h} + \frac{3}{8} \left(\frac{h_1}{h} \right)^2 \right]} \dots\dots\dots(10)$$

Los vertederos triangulares se recomiendan para el aforo de gastos inferiores a 30 lt/seg y cargas superiores a 6 cm y hasta de 60 cm. Su precisión es mejor que la del rectangular, para gastos pequeños, e incluso para gastos comprendidos entre 40 y 300 lt/seg. Para gastos mayores es recomendable el rectangular debido a que el triangular es más sensible a cualquier cambio en la rugosidad de la placa y, también, porque requiere mayor exactitud en la medición de las cargas, pues el gasto varía con la potencia 5/2 de la misma (Metcalf Eddy,1995)

2.2.6 COMPONENTES HIDRÁULICOS DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES (PTAR)

A) TRATAMIENTO PRELIMINAR

Desarenador

Los desarenadores protegen al equipo mecánico del desgaste anormal y reducen la formación de depósito pesado de tuberías, canales y conductos. además, minimizan la frecuencia requerida de limpieza de los digestores, en aquellos casos en que se presentan una acumulación excesiva de arena en dichas unidades. (Jairo A.R.,1999)

Los desarenadores serán preferentemente de limpieza manual, sin incorporar mecanismos, excepto en el caso de desarenadores para instalaciones grandes. Según el mecanismo de remoción, los desarenadores pueden ser a gravedad de flujo horizontal o helicoidal. Los primeros pueden ser diseñados como canales de forma alargada y de sección rectangular (Norma 090)

Desarenador de flujo horizontal

Los desarenadores de flujo horizontal, para aguas residuales, se diseñan para una velocidad de flujo aproximadamente igual a 30cm/s

Para el diseño se recomienda conocer caudales extremos de operación con el fin de garantizar remoción de material inorgánico para todas las condiciones de flujo. Generalmente los desarenadores para aguas residuales se diseñan para remover todas las partículas de diámetro mayor de 0.21mm; aunque también se diseñan para remover partículas de 0.15 mm. teniendo como supuesto de diseño arena de densidad relativa 2.65, la velocidad de asentamiento para partículas de 0.21mm de diámetro se supone igual 1.15m/minuto y partículas de 0.15mm de diámetro una velocidad de 0.75m/minuto. Para arena u otros materiales de densidad menor a 2.65, se debe considerar velocidades menores de asentamiento. (Romero,1999)

Caudal=caudal máximo horario

La frecuencia mínima de limpieza será de una vez por semana.

Incluir vertedero proporcional (suro)

B) TRATAMIENTO PRIMARIO

Tanque Imhoff

El tanque Imhoff se diseña generalmente de acuerdo a los siguientes estándares:

Área de sedimentación:

Carga superficial=1m³/m²/h

Tiempo de retención =1.5-2.5 horas

Área de digestión:

Volumen=28-85L/s

Tiempo de almacenamiento de lodos 3-12 meses.

Sedimentador Dortmund

Periodo de retención =1.5-2.5 horas.

Caudal=caudal máximo diario

Carga hidráulica=125-500m³/d/m

Profundidad=3-5 metros

Diámetro =3.6 a 4.5 metros

pendiente de fondo=6-16 % (recomendable 8%)

C) TRATAMIENTO SECUNDARIO

Filtros percoladores

Los filtros percoladores deberán diseñarse de modo que se reduzca al mínimo la utilización de equipo mecánico. Para ello se preferirá las siguientes opciones: lechos de piedra, distribución del efluente primario (tratado en tanques Imhoff) por medio de boquillas o mecanismos de brazo giratorios autopropulsados, sedimentadores secundarios sin mecanismos de barrido (con tolvas de lodos) y retorno del lodo secundario al tratamiento primario (Norma 090)

Humedales artificiales.

Los humedales, naturales o artificial, son sistemas de tratamiento acuático en los cuales se usan plantas y animales para tratamiento de aguas residuales. Los humedales artificiales son de superficie libre de agua, es decir, con espejo de agua; o de flujo subsuperficial sin espejo de agua. Los humedales artificiales se han utilizado en el tratamiento de aguas residuales municipales, para tratamiento secundario y avanzado, en el tratamiento de aguas residuales municipales.

Tienen menores requerimientos de área y carecen de problemas de arenas y de mosquitos. como desventaja, sin embargo, se tiene un costo mayor por el medio de grava y riesgo de taponamiento. (Romero,1999)

2.2.7 CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES: NORMATIVA AMBIENTAL EN EL PERU

Las normas que establecen la calidad del cuerpo receptor, de los vertidos a masas de aguas superficiales, así como para el aprovechamiento en el riego de vegetales, se encuentran enmarcadas en la Ley 29338 de Recursos Hídricos y los siguientes dispositivos:

- Resolución Jefatural N° 351-2009-ANA, del 01.07.2009, a través del cual la Autoridad Nacional del Agua (ANA) establece que a partir del 01.04.2010, las autorizaciones de vertimiento y renovaciones se otorgarán tomándose en cuenta los ECA.
- Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II Obras de Saneamiento. Norma OS-090 Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.
- La Ley 29338 en su Artículo 79.-

Vertimiento de agua residual, establece que “La Autoridad Nacional autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud sobre el cumplimiento de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP). Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización”.

Esta normatividad exige lo siguiente:

Para el vertido a masas de agua superficiales

- Cumplimiento del DS N° 003-2010-MINAM.
- Límite máximos permisibles principales parámetros

Límites máximos permisibles

Acuerdo Gubernativo 236-2006, Artículo 24. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores para aguas residuales municipales y de urbanizaciones no conectadas al alcantarillado público. Las municipalidades o empresas encargadas del tratamiento de aguas residuales del alcantarillado público y las urbanizaciones existentes no conectadas al alcantarillado público, cumplirán con los límites máximos permisibles para descargar a cuerpos receptores de cualquiera de las siguientes formas: Cuadro 1. Límites máximos permisibles de descargas a cuerpos receptores.

Estándares de calidad del agua (ECA-AGUA) D.S. N° 002-2008-MINAM

Los ECA-Agua establecen el nivel de concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua en su condición de cuerpo receptor, que no representan riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. Cuando se vierte el efluente de la PTAR al cuerpo receptor de agua, se origina una zona de mezcla, luego de la cual, el cuerpo receptor de agua debe cumplir los valores del ECA-Agua, que dependen de la categoría de uso del cuerpo receptor. La Tabla 8, muestra los ECA-Agua de algunas categorías establecidas en el Decreto Supremo N.º 002-2008-MINAM

Tabla 7 Comparación de los LMP para efluentes de PTAR y ECA-agua

PARÁMETROS		LMP	ECA Y FACTOR DE DILUCIÓN (FD) DEL LMP NECESARIO EN UN CUERPO NATURAL LIBRE DE CONTAMINACIÓN PARA EL CUMPLIMIENTO DEL ECA									
			CATEGORÍA 1A2**		CATEGORÍA 1A3**		CATEGORÍA 1B1**		CATEGORÍA 2C3**		CATEGORÍA 3**	
			ECA	FD*	ECA	FD*	ECA	FD*	ECA	FD*	ECA	FD*
DBO ₅	mg/L	100	5	20	10	10	5	20	10	10	15	7
DQO	mg/L	200	20	10	30	7	30	7	-	-	40	5
SST	mg/L	150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	10	2000	5	20	1	200	50	1000	10	2000	5
Aceites y grasas	mg/L	1	20	20	1	20	-	4	2	10	2	12
Nitrógeno amoniacal	mg/L	45**	2,0	23	3,7	12	-	-	0,21	-	-	-
Fósforo (fosfato total)	mg/L	0,15	14***	93	0,15	93	-	-	0,1	-	1	-

(*) FD = Factor de dilución calculado para que el efluente de la PTAR que cumple los 1LMP pueda cumplir también los ECA-Agua. Ejemplo: para poder verter el efluente de una PTAR con DBO₅ = 100 mg/L (cumple el LMP) en un río de categoría 1, subcategoría A2, con concentración inicial de DBO₅ = 0 mg/L se necesita que el caudal del río sea por lo menos 20 veces el caudal del efluente de la PTAR.

(**) Categoría 1 = Poblacional y recreacional:

- Subcategoría A2 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional.
- Subcategoría A3 = aguas superficiales que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado.
- Subcategoría B1 = aguas superficiales destinadas para recreación por contacto primario.
- Categoría 2 = Actividades marino-costeras; subcategoría C3 = otras actividades
- Categoría 3 = Riego de vegetales y bebida de animales; riego de vegetales de tallo alto.

(***) Calidad del efluente de una PTAR de lagunas facultativas considerando una concentración en el afluente según la norma OS.090 y una remoción de nitrógeno total de 40% y del fósforo de 30%.

CAPITULO III. MATERIALES Y METODOS

3.1 DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

La investigación se realizó en la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Contumazá, ubicada al margen derecho del río Contumazá, distrito de Contumazá provincia de Contumazá, región Cajamarca, a una altitud 2674 m.s.n.m

Los límites del área de estudio son los siguientes:

Por el Norte: San Gregorio, Agua Blanca y San Miguel

Por el Sur: Rázuri, Ascope y Chicama de la provincia de Ascope del departamento de la Libertad.

Por el Este: Asunción y Cospán de Cajamarca y Cascas Provincia de Gran Chimú – La Libertad.

Por el Oeste: Chepén, Guadalupe, San José y San Pedro de Lloc de la Provincia de Pacasmayo del departamento de la Libertad.

Características ambientales del área de estudio

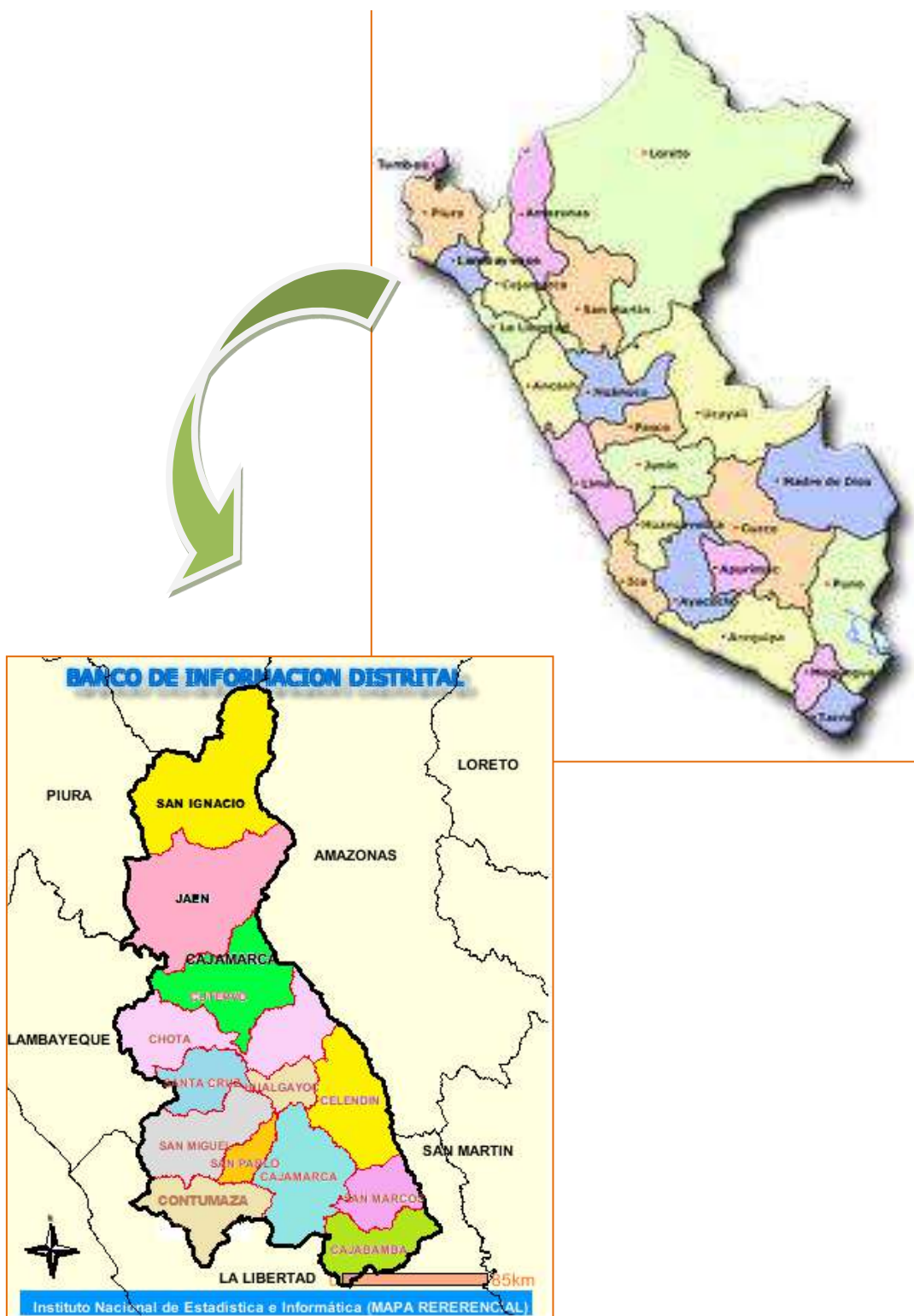
El clima en la ciudad de Contumazá es templado y cálido, con presencia de lluvias entre los meses de noviembre a mayo. La temperatura media anual en Contumazá se encuentra a 13°C, el mes más seco es julio, con 5mm a 153 mm, mientras la caída media en marzo.

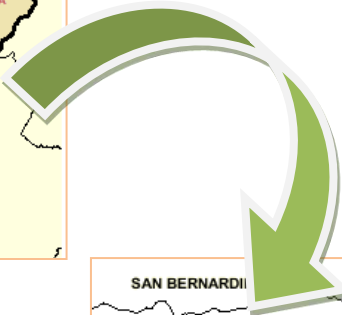
Área de estudio.

La planta de tratamiento de aguas residuales del distrito de Contumazá se encuentra a la mano derecha del río Contumazá cuyo acceso es por una carretera que se encuentra a 10 minutos de la ciudad principal.

investigación de la planta de tratamiento de aguas residuales se realizó en la provincia de Contumazá. El cual se encuentra a 40 kilómetros de Chivlete y a 125 kilómetros de Cajamarca. Posee una extensión territorial de 2.070 km² a 7° 22.015'S de latitud sur, 78° 48.835'O de longitud este y una altura sobre el nivel del mar de 2537.219m metros (Promudel, 2011).

Fig. 3 Ubicación política y geográfica y referencial de la zona de estudio





DISTRITO DE CONTUMAZA



Fig. 4 Ubicación de la PTAR de Contumazá



Fuente: Google Earth 2021

Fig. 5 Imagen satelital



3.2 EQUIPOS Y MATERIALES

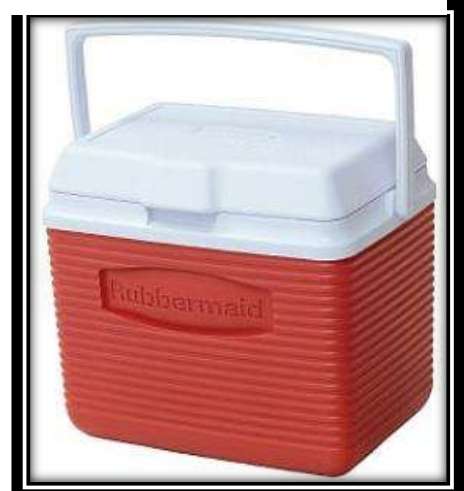
Fig. 6 Materiales utilizados



Guantes quirúrgicos



GPS



Caja Tecnopor



frasco de 1L



lapicero



tablero



Mascarilla quirúrgica



Ph metro

3.3 FASE INICIAL DE LA INVESTIGACIÓN

a. Identificación de la zona de estudio.

La ubicación la zona de estudio se ha realizado sacando las coordenadas con GPS navegador luego ubicamos las coordenadas en googleearth y también se ha realizado el levantamiento topográfico con estación total y también se ha realizado con un levantamiento fotogramétrico y con esto se ha realizado las curvas de nivel, ortofoto, para realizar el plano de ubicación de la PTAR de Contumazá

b. Recopilación de información.

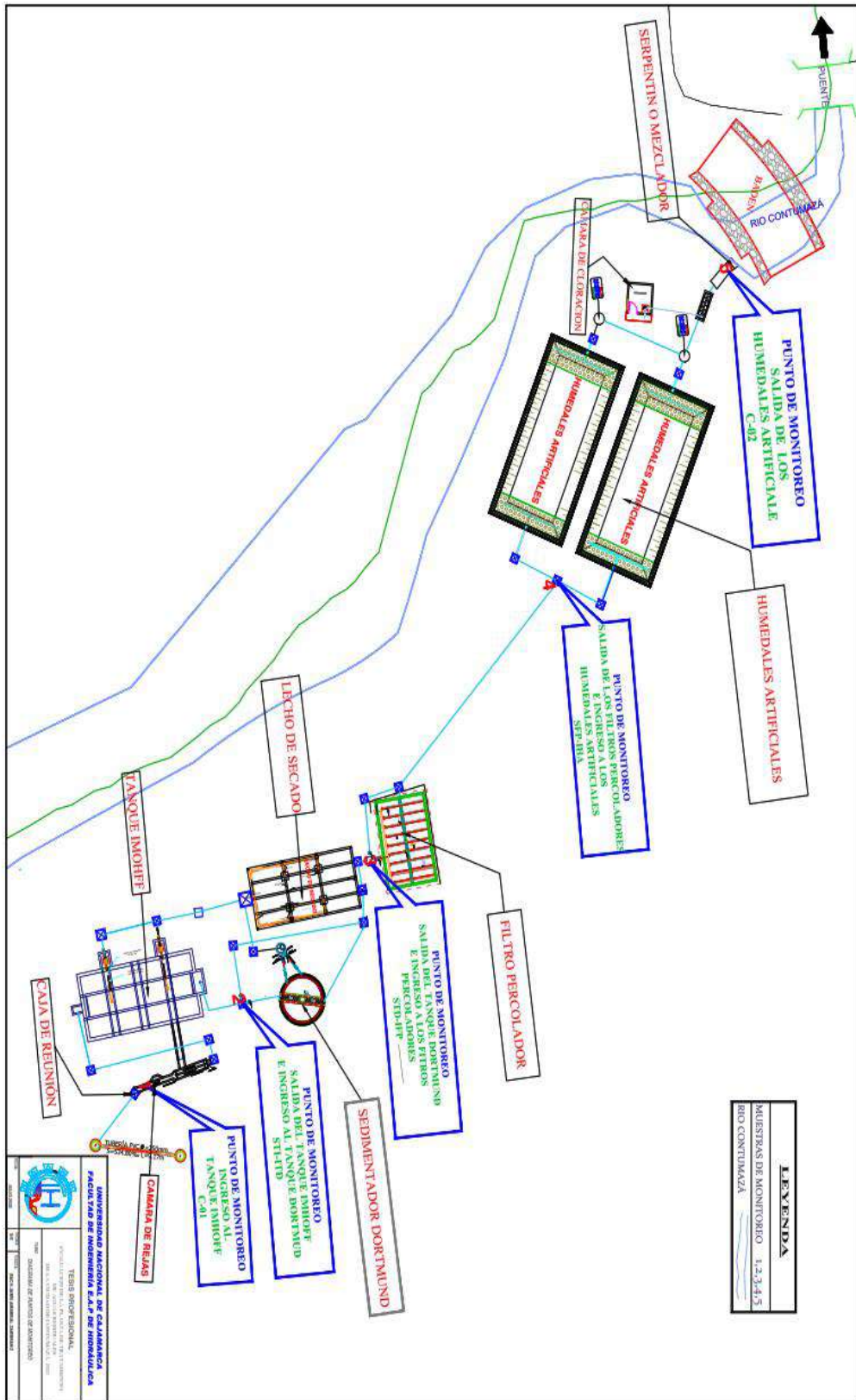
La información se ha recolectado haciendo la visita de campo, visitando la planta de tratamiento de aguas residuales donde observamos la función de cada estructura que forman parte de dicha PTAR, se toman fotografías tomamos notas de lo encontrado, y consultamos a la población cercana a la planta de tratamiento de aguas residuales y la información recabada nos dio más enfoque para plantear dicha investigación.

3.4 FASE DE CAMPO

a. Identificación del punto de monitoreo.

El primer punto de monitoreo se consideró el ingreso al tanque Imhoff, luego la salida del mismo tanque, el cual también es considerado ingreso al sedimentador Dortmund, el siguiente punto de monitoreo la salida del sedimentador Dortmund, luego se consideró otro punto de monitoreo, el ingreso de los filtros percoladores, seguidamente los humedales artificiales, finalmente el sistema de cloración el cual no está en funcionamiento el cual es el afluente al río.

Fig. 7 Puntos de monitoreo



b. Medición de caudales.

Para realizar la medición del caudal se ha construido un vertedero triangular que tuvimos que calibrarlo previa utilización en el campo de estudio, luego realizamos la medición del caudal en el ingreso y salida de la PTAR de Contumazá.

c. Muestreo de aguas residuales.

El muestreo se realizó tomando las muestras en los puntos estratégicos de estudio con el apoyo de los responsables de laboratorio de SEDACAJ con el cuidado respectivo y haciendo uso de implementos y materiales necesarios de tal manera que los parámetros a evaluar no presenten alteraciones y puedan arrojar falsos positivos.

La toma de muestra se realizó tres tomas por día (mañana - medio día - noche) y en cinco puntos: efluente(C-01), salida del tanque Imhoff -ingreso del tanque Dortmund (STI-ITD), salida del tanque Dortmund-ingreso de los filtros percoladores (STD-IFP), salida de los filtros percoladores-ingreso de humedales artificiales (SFP-IHA), salida de los humedales artificiales(C-02).

3.5 FASE DE LABORATORIO

Los responsables de laboratorio de EPS SEDACAJ S.A, entregaron los resultados de dichas muestras en un periodo de 1 mes, dichos resultados contaban con todos los parámetros a evaluar.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Calibración del vertedero

Tabla 8 Caudal volumétrico

PRUEBAS	Tiempo (segundos)	Volumen (L)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
1	2.9	10	3.45	0.0034
2	2.56	10	3.91	0.0039
3	2.53	10	3.95	0.0040
4	2.69	10	3.72	0.0037
5	2.72	10	3.68	0.0037
6	2.45	10	4.08	0.0041
7	2.36	10	4.24	0.0042
8	2.34	10	4.27	0.0043
9	2.28	10	4.39	0.0044
10	2.58	10	3.88	0.0039
11	2.87	10	3.48	0.0035
12	2.45	10	4.08	0.0041
PROMEDIO			3.74	0.0037

Como podemos observar en la presente tabla el caudal volumétrico calculado es 3.74 l/s en las 12 pruebas tomadas

Tabla 9 Caudal teórico

PRUEBAS	H (cm)	H (m)	θ	CAUDAL TEORICO(L/S)	CAUDAL REAL(L/S)
1	12.6	0.126	22.5	5.51	3.45
2	12.5	0.125	22.5	5.41	3.91
3	12.4	0.124	22.5	5.30	3.95
4	12.6	0.126	22.5	5.51	3.72
5	12.7	0.127	22.5	5.62	3.68
6	12.8	0.128	22.5	5.74	4.08
7	12.5	0.125	22.5	5.41	4.24
8	12.5	0.125	22.5	5.41	4.27
9	12.4	0.124	22.5	5.30	4.39
10	12.4	0.124	22.5	5.30	3.88
11	12.5	0.125	22.5	5.41	3.48
12	12.3	0.123	22.5	5.19	4.08
PROMEDIO				5.47	3.74

Como se observa en la tabla el caudal teórico es 5.47 L/s en las 12 pruebas tomadas

Tabla 10 Caudal teórico y caudal real

PRUEBAS	CAUDAL TEORICO(L/S)	CAUDAL REAL(L/S)
1	5.51	3.45
2	5.41	3.91
3	5.30	3.95
4	5.51	3.72
5	5.62	3.68
6	5.74	4.08
7	5.41	4.24
8	5.41	4.27
9	5.30	4.39
10	5.30	3.88
11	5.41	3.48
12	5.19	4.08
PROMEDIO	5.47	3.74
COEFICIENTE DE DESCARGA		0.68

Como se observa en la tabla el cálculo de estos 2 caudales son de gran importancia para calcular el coeficiente de descarga que tiene 0.68

Tabla 11 Caudal aforado de la planta de tratamiento de aguas residuales en 24 horas

Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s	Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s
11:00	14	4.906	00:00	9	1.625
12:00	15	5.829	01:00	9	1.625
13:00	15	5.829	02:00	8	1.211
14:00	14	4.906	03:00	8	1.211
15:00	15	5.829	04:00	8	1.211
16:00	13	4.076	05:00	8	1.211
17:00	13	4.076	06:00	9	1.625
18:00	13	4.076	07:00	13	4.076
19:00	13	4.076	08:00	15	5.829
20:00	12	3.337	09:00	15	5.829
21:00	11	2.684	10:00	14	4.906
22:00	11	2.684	11:00	14	4.906
23:00	11	2.684	12:00	15	5.829

Como se observa en la presente tabla el caudal de ingreso a la PTAR utilizando el coeficiente de descarga calculado anteriormente y este se utiliza en la ecuación n7

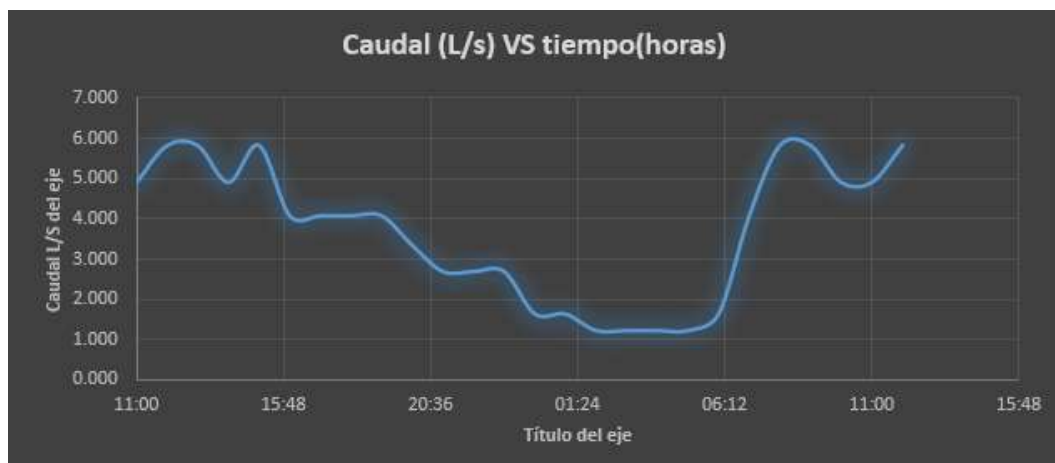
y posteriormente se reemplaza en la ecuación n°14 para finalmente obtener la ecuación 15.

Tabla 12 Resumen de caudales

Q. máx.	5.83	L/s
Q. medio	3.70	L/s
Q.min	1.21	L/s

En la presente tabla observamos el caudal máximo horario, caudal medio y mínimo los cuales son de gran importancia para el diseño de la PTAR.

Fig. 8 Caudal aforado comportamiento del caudal durante 24 horas



En la presente tabla observamos que el caudal máximo horario se encuentra entre las 12 a 1 pm, luego entre las 3pm y 9 am, este caudal se da por las horas donde la población tiene mayor actividad.

4.2 RESULTADOS DE LABORATORIO

Tabla 13 Tabla de resultados

			PROMEDIO				
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-IHA	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	255.45	130.67	129.83	117.5	65.13
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	413.10	420.40	358.23	357.3	367.95
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	616.83	608.75	469.81	429.8	474.05
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	79.52	52.73	38.06	35.0	17.04
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.83	14.89	14.89	14.8	14.89
PH(*)	PH	Unidad	7.60	7.58	7.48	7.5	7.44
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	163600000.00	161333333.33	17166666.67	12133333.33	7533333.33

En la presente tabla observamos que la mayoría de los parámetros a evaluar van disminuyendo a medida que pasan por las diferentes estructuras de la PTAR lo cual indica que aparentemente la PTAR está funcionando bien.

Tabla 14 Ingreso y salida del tanque Imhoff y los parámetros obtenidos en laboratorio vs LMP

HORA DE MUESTREO:7:00 am					
CODIGO DE MUESTREO			C-01		
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	PROMEDIO	LMP	CONDICIÓN
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	255.45	20.00	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	413.10	100.00	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	616.83	200.00	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	79.52	20.00	NO CUMPLE
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.83	35.00	CUMPLE
PH(*)	PH	Unidad	7.60	6.5-8.5	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	163600000.00	10000.00	NO CUMPLE

Como podemos observar en la presente tabla los parámetros a evaluar no cumplen con los rangos establecidos en la norma E090 de saneamiento ambiental en un 80 % y solo cumple un 20% esto por el mal uso de los servicios sanitarios, a pesar que de que la muestra es de otra estructura de la PTAR.

Tabla 15 Salida del tanque Imhoff e ingreso al tanque Dortmund y los parámetros obtenidos en laboratorio vs LMP

CODIGO DE MUESTREO			STI-ITD		
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	PROMEDIO	LMP	CONDICIÓN
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	130.67	20.00	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	420.40	100.00	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	608.75	200.00	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	52.73	20.00	NO CUMPLE
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.89	35.00	CUMPLE
PH(*)	PH	Unidad	7.58	6.5-8.5	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	161333333.33	10000.00	NO CUMPLE

Como podemos observar en la presente tabla los parámetros a evaluar no cumplen con los rangos establecidos en la norma E090 de saneamiento ambiental en un 80 % y solo cumple un 20%, a pesar que los porcentajes van disminuyendo, pero no encajan en los rangos normales.

Tabla 16 Salida del sedimentador Dortmund e ingreso a los filtros percoladores

CODIGO DE MUESTREO			STD-IFP		
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	PROMEDIO	LMP	CONDICIÓN
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	129.83	20.00	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	358.23	100.00	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	469.81	200.00	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	38.06	20.00	NO CUMPLE
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.89	35.00	CUMPLE
PH(*)	PH	Unidad	7.48	6.5-8.5	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	17166666.67	10000.00	NO CUMPLE

Como podemos observar en la presente tabla los parámetros a evaluar no cumplen con los rangos establecidos en la norma E090 de saneamiento ambiental en un 80 % y solo cumple un 20%, las concentraciones siguen en descenso a medida que pasan las estructuras de la PTAR, pero no son suficientes para los rangos esperados.

Tabla 17 Salida de los filtros percoladores e ingreso a los humedales artificiales

CODIGO DE MUESTREO			SFP-ITE		
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	PROMEDIO	LMP	CONDICIÓN
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	117.5	20.00	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	357.3	100.00	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	429.8	200.00	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	35.0	20.00	NO CUMPLE
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.8	35.00	CUMPLE
PH(*)	PH	Unidad	7.5	6.5-8.5	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	12133333.33	10000.00	NO CUMPLE

En la presente tabla se observa los parámetros a evaluar no cumplen con los rangos establecidos en la norma E090 de saneamiento ambiental en un 80 % y solo cumple un 20% a pesar de ya estar en la penúltima estructura de la PTAR.

Tabla 18 Salida de los humedales artificiales (efluente)al rio Contumazá

CODIGO DE MUESTREO			C-02		
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	PROMEDIO	LMP	CONDICIÓN
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	65.13	20.00	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	367.95	100.00	NO CUMPLE
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	474.05	200.00	NO CUMPLE
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	17.04	20.00	CUMPLE
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.89	35.00	CUMPLE
PH (*)	PH	Unidad	7.44	6.5-8.5	CUMPLE
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	7533333.33	10000.00	NO CUMPLE

Como podemos observar en la presente tabla los parámetros a evaluar no cumplen con los rangos establecidos en la norma E090 de saneamiento ambiental en un 70 % y solo cumple un 30% siendo la muestra tomada en la última estructura de la PTAR por lo que podemos concluir que el inadecuado uso de los servicios sanitarios generaría más inversión en los proyectos de desarrollo.

Tabla 19 Parámetros del afluente y efluente (ingreso y salida)

PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	INGRESO EFLUENTE	SALIDAA AFLUENTE
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	255.45	65.13
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	413.10	367.95
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	616.83	474.05
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	163600000.00	7533333.33

En la presente tabla observamos la comparación entre el afluente y efluente de las aguas residuales de la PTAR de Contumazá donde la disminución de los parámetros es notoria, pero no son suficientes para estar en los rangos establecidos.

4.3 Cálculo de la eficiencia de los parámetros de las diferentes estructuras

Tabla 20 Resumen de eficiencia de cada componente de la PTAR

PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	T.I	T.D	F.P	H.A
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	48.85	0.64	9.51	44.56
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	-1.77	14.79	0.25	-2.98
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	1.31	22.82	8.51	-10.29
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	33.69	27.82	7.92	51.38

En la presente tabla observamos que en el ti y humedales artificiales el tratamiento de los sólidos totales en suspensión es eficiente ya que se encuentran sobre el 40%, y en relación a los coliformes totales las estructuras de ti y HA también demuestran eficiencia y se encuentran sobre el 30% y 50 %.

Tabla 21 Eficiencia de la PTAR

PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	INGRESO EFLUENTE	SALIDAA AFLUENTE	EFICIENCIA
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	255.45	65.13	74.50
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	413.10	367.95	10.93
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	616.83	474.05	23.15
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	163600000.00	7533333.33	95.40

En la tabla presente tabla observamos que Los sólidos totales y los coliformes Termotolerantes tiene un buen tratamiento y nos representa el 74.5% y 95%

La demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno representa de 10.93 y 23.5% respectivamente.

4.4 EVALUACION HIDRAULICA

CAUDAL

Para determinar el caudal, se ha realizado la calibración del vertedero triangular en un canal similar en el lugar de Ilushcacampa a 5km de Cajamarca, para ello se ha realizado por el método volumétrico, y de forma teórica con los tirantes del vertedor esto nos bastó calcular el coeficiente de descarga utilizando la fórmula de la ecuación 20, despejando el coeficiente de descarga se obtiene la ecuación.

$$Q_{REAL} = Q_{TEORICO} * C_D \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$C_D = \frac{Q_{REAL}}{Q_{TEORICO}} \quad \dots\dots\dots(13)$$

Reemplazando los valores de la tabla 25 y 26 en la ecuación 21, se determinó el coeficiente de descarga ($C_d=3.74/5.57=0.684$), con el coeficiente de descarga encontrada y el ángulo del vertedero triangular reemplazando en la ecuación 21 obtenemos la ecuación del caudal calibrado. Que se muestra en la ecuación 23.

$$Q_{REAL} = C \frac{8}{15} TAN(\alpha) \sqrt{2g} H^{5/2} \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$Q=0.669H^{5/2} \quad \dots\dots\dots(15)$$

Tabla 22 Caudal volumétrico

PRUEBAS	Tiempo (segundos)	Volumen (L)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
1	2.9	10	3.45	0.0034
2	2.56	10	3.91	0.0039
3	2.53	10	3.95	0.0040
4	2.69	10	3.72	0.0037
5	2.72	10	3.68	0.0037
6	2.45	10	4.08	0.0041
7	2.36	10	4.24	0.0042
8	2.34	10	4.27	0.0043
9	2.28	10	4.39	0.0044
10	2.58	10	3.88	0.0039
11	2.87	10	3.48	0.0035
12	2.45	10	4.08	0.0041
PROMEDIO			3.74	0.0037

En la presente tabla observamos que el cálculo del caudal volumétrico nos ayuda a sacar el coeficiente de descarga.

Tabla 23 Caudal teórico

PRUEBAS	H (cm)	H (m)	θ	CAUDAL TEORICO(L/S)
1	12.6	0.126	22.5	5.51
2	12.5	0.125	22.5	5.41
3	12.4	0.124	22.5	5.30
4	12.6	0.126	22.5	5.51
5	12.7	0.127	22.5	5.62
6	12.8	0.128	22.5	5.74
7	12.5	0.125	22.5	5.41
8	12.5	0.125	22.5	5.41
9	12.4	0.124	22.5	5.30
10	12.4	0.124	22.5	5.30
11	12.5	0.125	22.5	5.41
12	12.3	0.123	22.5	5.19
PROMEDIO				5.47

En la presente tabla podemos observar el cálculo del caudal teórico por tirantes en el vertedero.

Fig. 9 Vertedero triangular



Medición del caudal con el vertedor triangular calibrado.

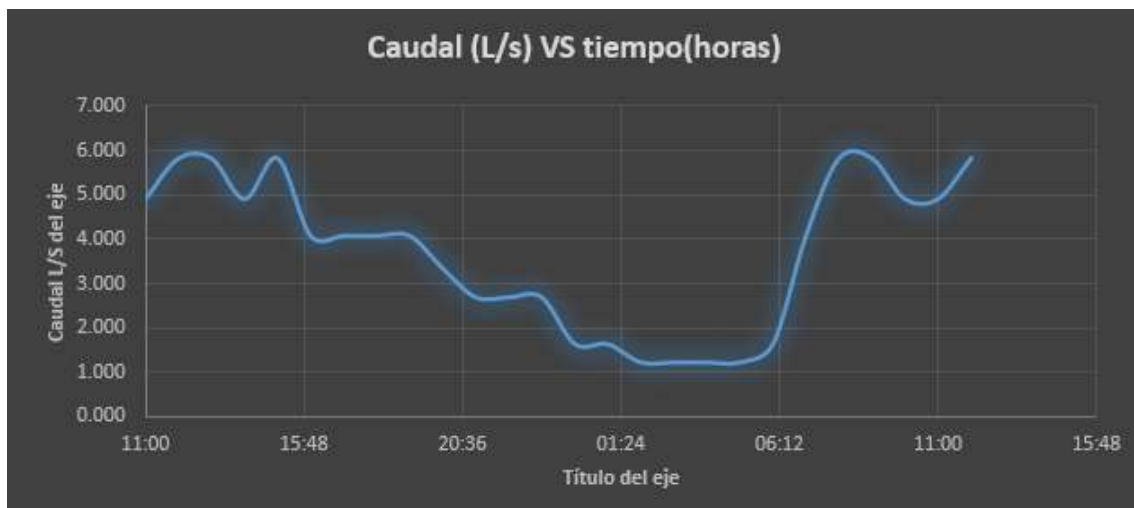
Tabla 24 Aforo de caudales

Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s	Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s
11:00	14	4.906	00:00	9	1.625
12:00	15	5.829	01:00	9	1.625
13:00	15	5.829	02:00	8	1.211
14:00	14	4.906	03:00	8	1.211
15:00	15	5.829	04:00	8	1.211
16:00	13	4.076	05:00	8	1.211
17:00	13	4.076	06:00	9	1.625
18:00	13	4.076	07:00	13	4.076
19:00	13	4.076	08:00	15	5.829
20:00	12	3.337	09:00	15	5.829
21:00	11	2.684	10:00	14	4.906
22:00	11	2.684	11:00	14	4.906
23:00	11	2.684	12:00	15	5.829

En la presente tabla observamos el cálculo de caudal según los tirantes establecidas cada hora y utilizando la formula calibrada del caudal.

El aforo realizado fue una duración de 24 horas para ver el comportamiento como varia el caudal (ver figura 25), Con los tirantes medidos en el vertedero triangular en ingreso de planta de tratamiento de agua residuales utilizando la fórmula 22 se obtiene los caudales por hora. Y se muestra en la tabla 23, de ellos se obtiene el caudal máximo horario que es de 5.83 L/s que se encuentra entre 12 y 13 horas, mientras que el caudal medio es de 3.7L/s y caudal mínimo es de 1.21L/s

Fig. 10 Aforo del caudal



Desarenador

El parámetro más importante es el tiempo de retención que la norma nos indica que es de 20 minutos, pero al realizar por el método del flotador es de 6.86 segundos y que si cumplimos con la norma establecida, el largo del desarenador no está cumpliendo ya que según el diseño debe ser 5.20 metros y según el replanteo se obtiene de 3.63 metros y el ancho del canal es de 0.30 m cada sedimentador y al final del desarenador existe un vertedero triangular en cada desarenador la recomendación que se debe construir es un vertedero proporcional o llamado sutro ya que el triangular no es están efectivo, esto hace que realice menor esfuerzo en los demás equipos de tratamiento.

Fig. 11 Desarenador

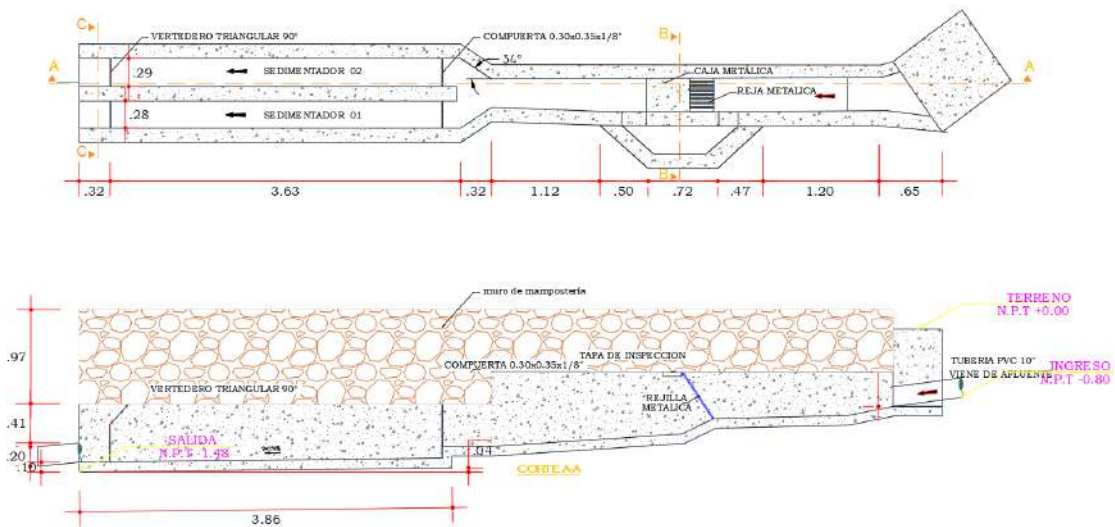


Tabla 25 Tiempo transcurrido flotador

TIEMPO	LONGITUD	VELOCIDAD
17	4.2	0.247
18	4.2	0.233
19	4.2	0.221
22	4.2	0.191
21	4.2	0.200
20	4.2	0.210
19.5	Promedio	

En la presente tabla se observa que el tiempo en transcurrir el flotador en promedio es de 19.5 el cual se encuentra dentro de los parámetros normales.

Tabla 26 tiempo de 3 objetos utilizados para calcular el tiempo

TIEMPO	FLOTADOR	AÑIL	PEPA DE EUCALIPTO
1	17	20	21
2	18	20	22
3	19	21	23
4	22	22	21
5	21	23	23
6	20		
PROMEDIO	19.5	21.2	22
PROMEDIO	20.9		

En la tabla podemos observar que el tiempo calculado entre 3 objetos durante su recorrido por el desarenador es en promedio 20.9 segundos y esta dentro de los valores normales.

Fig. 12 Tinte



Agregamos tinte para verificar el tiempo que demora en llegar

Fig. 13Añil



Recorrido del tinte

Fig. 14 final del tinte



Fig. 15 objeto recorrido



Fig. 16 recorrido final del objeto



Tanque Imhoff

En este componente de la planta de tratamiento de aguas residuales, el parámetro más importante para su diseño es el tiempo de retención y que la norma de diseño nos recomienda 1.5 a 2.5 horas, pero realizando los cálculos según las dimensiones de replanteo del proyecto se obtiene un volumen de 640.39 m³ y según el caudal horario se obtuvo un volumen horario de 345.91m³/hora y realizando la relación del volumen real /volumen de las medidas se obtuvo un tiempo de retención de 1.85 horas.

Las dimensiones del tanque Imhoff se muestra en la figura xxx ancho es de 6.74m, largo 13.42 y altura 7.08 metros

Tabla 27 Volumen horario

Tiempo horas	Tirante cm	Caudal L/s	Volumen horario	Vol.Accumu lado horaio	Tiempo horas	tirante cm	Caudal L/s	Volumen horario	Vol.Accumu lado horaio
11:00	14	4.906	17.660	17.660	00:00	9	1.625	5.852	203.82
12:00	15	5.829	20.984	38.64	01:00	9	1.625	5.852	209.67
13:00	15	5.829	20.984	59.63	02:00	8	1.211	4.359	214.03
14:00	14	4.906	17.660	77.29	03:00	8	1.211	4.359	218.39
15:00	15	5.829	20.984	98.27	04:00	8	1.211	4.359	222.75
16:00	13	4.076	14.673	112.95	05:00	8	1.211	4.359	227.11
17:00	13	4.076	14.673	127.62	06:00	9	1.625	5.852	232.96
18:00	13	4.076	14.673	142.29	07:00	13	4.076	14.673	247.64
19:00	13	4.076	14.673	156.97	08:00	15	5.829	20.984	268.62
20:00	12	3.337	12.012	168.98	09:00	15	5.829	20.984	289.60
21:00	11	2.684	9.664	178.64	10:00	14	4.906	17.660	307.26
22:00	11	2.684	9.664	188.31	11:00	14	4.906	17.660	324.92
23:00	11	2.684	9.664	197.97	12:00	15	5.829	20.984	345.91

En la presente tabla observamos que el volumen total acumulado en 24 horas es 345.91m³/h.

Fig. 17 planta de tanque Imhoff

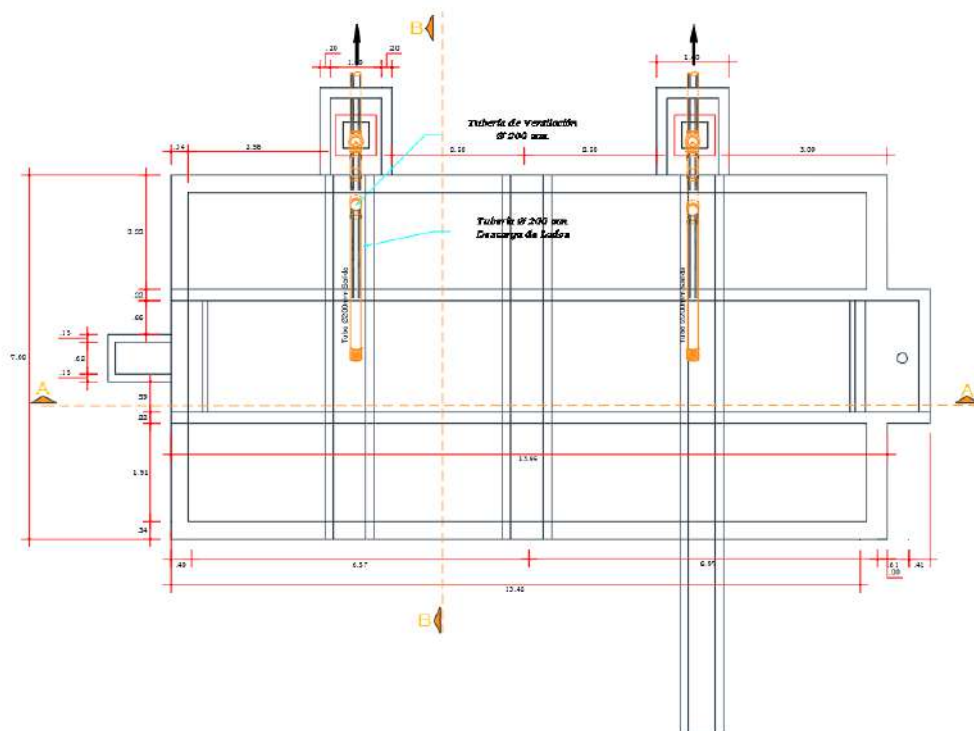


Fig. 18 Plano en planta del tratamiento primario como es el caso del tanque Imhoff

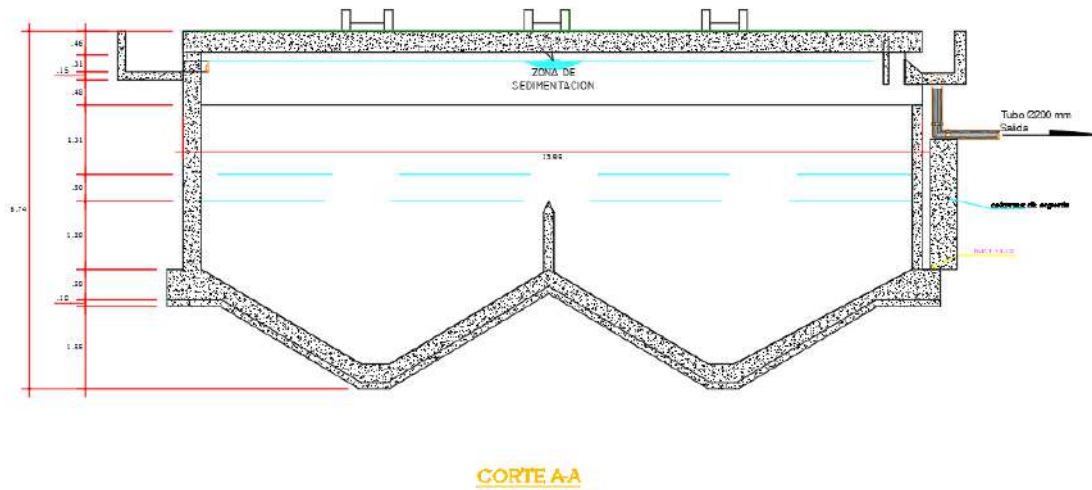


Fig. 19 Punto de inicio del tanque Imhoff



En el ingreso de tanque Imhoff dejamos trascurrir con una bolita para ver el tiempo que demora en llegar a la salida

Fig. 20 Llegada del objeto del tanque Imhoff



final del tiempo que transcurrir el objeto que es de 3.5 horas

Fig. 21 Planta del sedimentador Dortmund

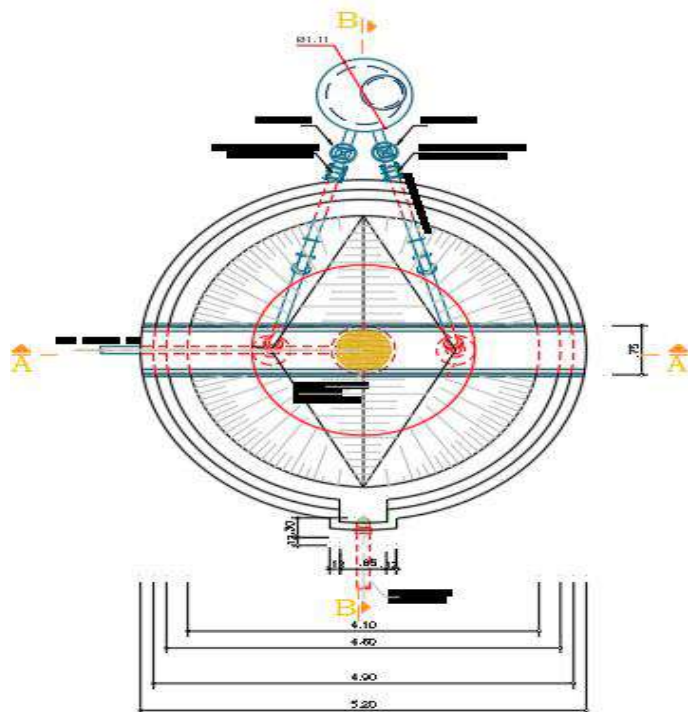


Fig. 22 Inicio del sedimentador Dortmund



Fig. 23 final del objeto del sedimentador Dortmund

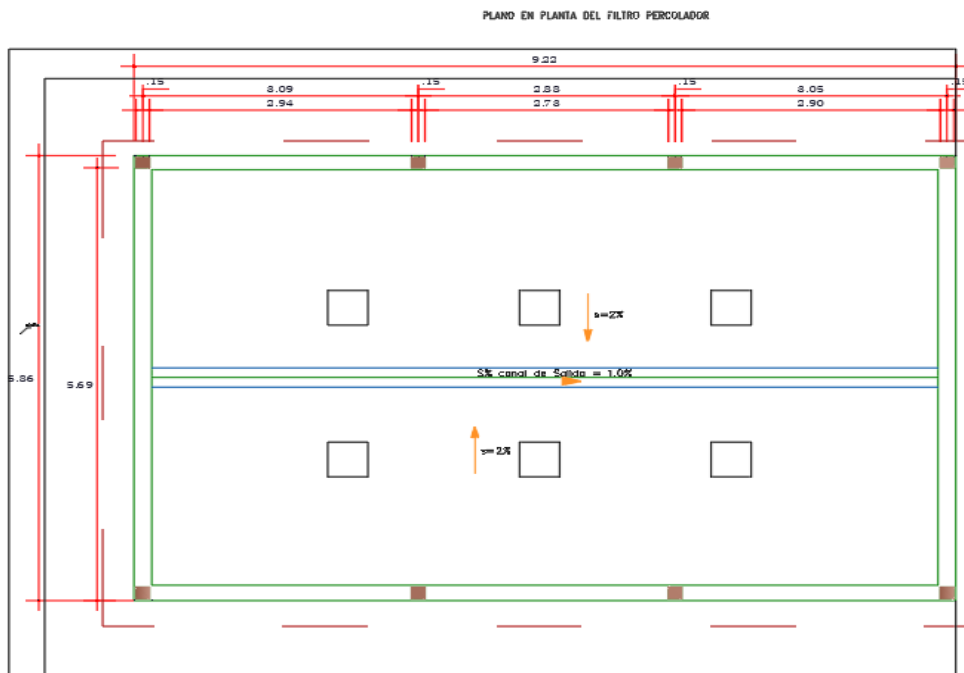


Filtros percoladores

El filtro percolador o denominado filtro biológico, es un sistema de tratamiento de agua aeróbico y que previo a este tratamiento deberíamos tener en cuenta de los cribados, desarenador y sedimentación primaria.

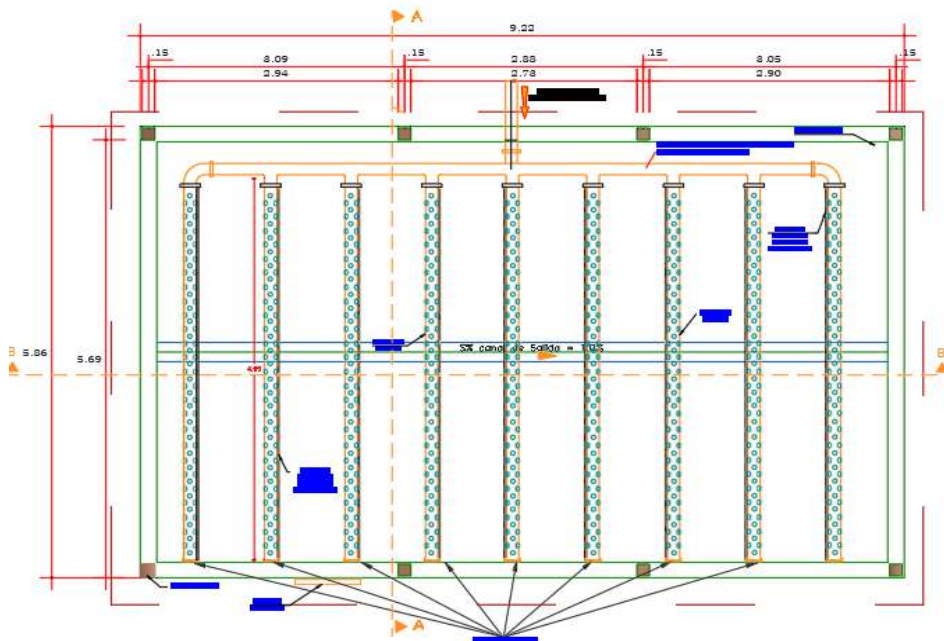
El filtro percolador está dentro de los parámetros que nos indican y que las dimensiones son de 6.4m metros de largo y 4.6 metros de ancho y se han construido agujeros de concreto para permitir el drenaje de las aguas residuales.

Fig. 24 drenaje de los filtros percoladores



Como se muestra en la figura indicando el canal de drenaje del 2%

Fig. 25 Tubería perforada



La función de este tipo de estructura hidráulica es lograr la remoción y estabilizar la materia orgánica biodegradables suspensión que ha quedado presente en el agua residual después de haber pasado por el sedimentador Dortmund.

La distribución de agua residual es por medio de tubería perforada a fin de que percole a través del filtro compuesto por material granular (piedra de 25mm y 75 mm). La ventilación es por medio de ventanas de medidas de 0.35 por 0.35, y que el agua drene por medio de un canal de 0.2 metros de ancho y 0.2 metros de calado.

Humedales artificiales

Este tipo de estructura hidráulica es el final del tratamiento biológico y que finalmente se evacua hacía el cuerpo receptor, que en este caso es el río Contumazá. El carácter artificial de este sistema está definido por construcción de una superficie de fondo impermeable para evitar filtraciones de las aguas residuales hacia el suelo y elección de vegetales macrófitas que contribuye la oxidación de substrato.

La vegetación son parte importante para el tratamiento, así como plantas acuáticas que son: carrizos, juncos, aneas, espadañas, pero en la planta de tratamiento investigado no se encuentran con sus respectivas plantas, esto hace que la planta de tratamiento no hace buena función.

Para este tipo de estructura hidráulica se ha diseñado teniendo en cuenta lo siguiente: el tiempo de retención que nos recomienda es de 5 días y la pendiente de fondo debe estar de 0.5 a 1% y la profundidad debe estar entre 0.45 a 1 metro y se está cumpliendo los diseños

Las medidas recomendables para su función son las siguientes: ancho de 9.40 metros, largo 19.94 metros y profanidad incluido borde libe de 1.00 metros.

Fig. 26 planta de humedales artificiales

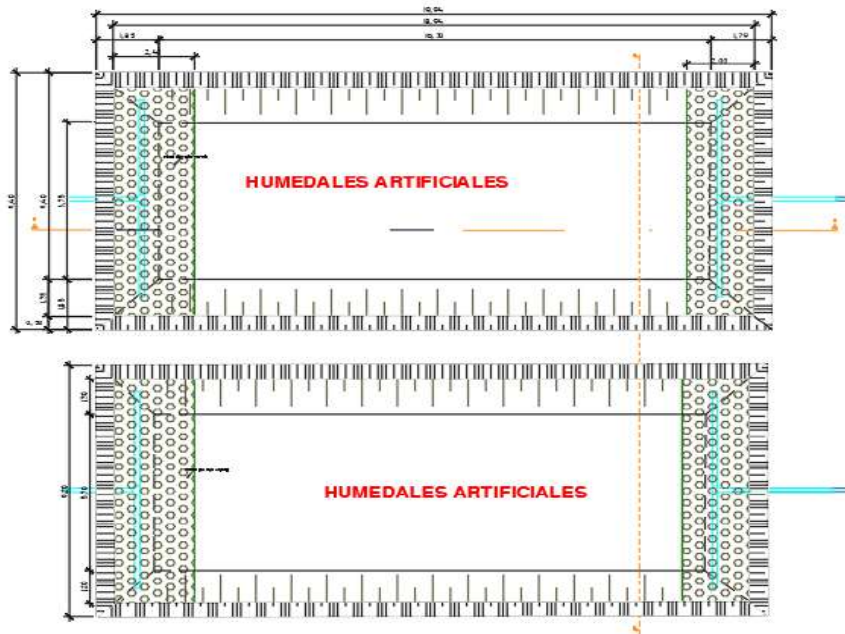
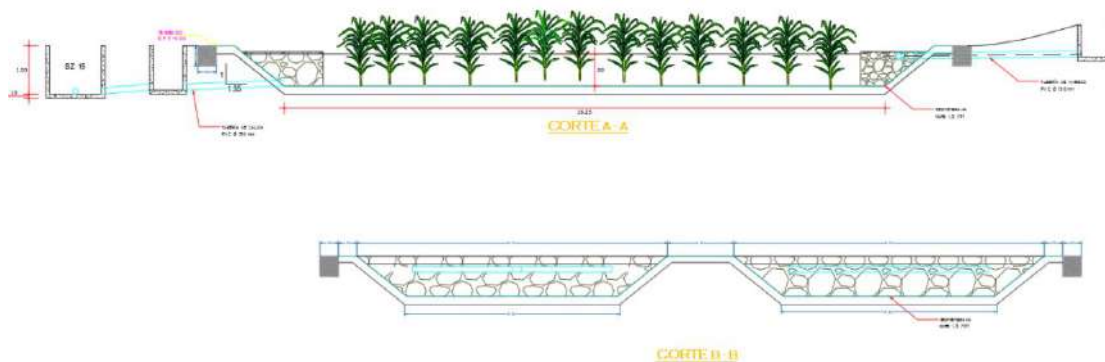


Fig. 27 Sección transversal de humedales artificiales



CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES.

De esta investigación se concluye:

- ✓ Se logro evaluar toda la PTAR de la ciudad de Contumazá
- ✓ Se ha descrito todos y cada uno de los componentes de la planta de tratamiento de la ciudad de Contumazá.
- ✓ se ha determinado las características físicas, químicas y microbiológicas del afluente donde se obtuvo que los resultados obtenidos no cumplen con los LMP indicados en la norma de tratamiento de aguas residuales (E090).
- ✓ Se ha realizado el análisis hidráulico de todos los componentes de la PTAR: el desarenador cumple con el tiempo de retención, pero no en la dimensión de largo que debería tener, el tanque Imhoff no cumple con los estándares indicados, el sedimentador Dortmund, no cumple con el tiempo de retención, los filtros percoladores no he podido encontrar como evaluar ya que es muy tedioso de evaluar y los humedales artificiales no cumple con los estándares indicados.
- ✓ Se ha determinado las características físicas, químicas y microbiológicas del efluente según los resultados obtenidos es un agua no apta para ser evacuada al rio de Contumazá.
- ✓ La planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad Contumazá tiene un funcionamiento deficiente.

5.2 RECOMENDACIONES

- ✓ Recomendamos a EPS SEDCAJ, fiscalice y se establezca los Valores Máximos Admisibles para las descargas a colectores públicos, caso contrario la PTAR de la ciudad de Contumazá tendría un tiempo de vida corto y pondría en riesgo la salud de la población.
- ✓ Se recomienda a la EPS SEDCAJ, capacitar al personal que realiza el mantenimiento de la PTAR de la ciudad de Contumazá para evitar disminuir el tiempo de vida de las estructuras de dicha infraestructura.
- ✓ Instalar dos puntos de análisis hidrométrico(ingreso-salida), así como el vertedero triangular, sutro (vertedero proporcional) y parshall.
- ✓ Dar el funcionamiento el tratamiento terciario (cloración) del efluente con la finalidad de disminuir la contaminación del agua del rio de Contumazá.

CAPITULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Rigola, M. (1990). Tratamiento de aguas industriales: aguas de proceso y residuales. Barcelona, España: MARCOMBO, S.A

Rigola, Peña. M. "Tratamiento de aguas industriales" Alfa omega grupo editor. México. 1999.

Romero, J. (2004). Tratamiento de Aguas Residuales. Bogotá: Lemoine Editores.

Metcalf, & Eddy. "Ingeniería de las aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización". Tercera edición, McGraw-Hill. Madrid. 1995

Rigola, Peña. M. "Tratamiento de aguas industriales" Alfa omega grupo editor. México.1999.

Metcalf, & Eddy. (2003). Wastewater engineering: Treatment and reuse. New York: McGraw-Hill.

Norma OS.090 planta de tratamiento de aguas residuales. (2006). Lima - Perú.

Rojas, J. A. (1999). Calidad del Agua 2da.Edición. México, D.F: AlfaOmega EDITOR, S.A de C.V.

<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/47123/3560900260713UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPITULO VII. LICONGRAFÍA

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf

<https://www.biopasos.com/biblioteca/Propuesta-metodologica-construccions-humedales-artificiales.pdf>

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/geologia/vol9_n17/a11.pdf

<https://ww3.vivienda.gob.pe/ejes/vivienda-y-urbanismo/documentos/Reglamento%20Nacional%20de%20Edificaciones.pdf>


CAPITULO VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1. panel fotográfico para calibración del vertedero triangular



ANEXO N° 2. Parámetros hidráulicos para su calibración

PARAMETROS HIDRAULICOS Y GEOMETRICOS	
SECCIÓN DE AFORO	Número de Aforo: 1
1.Nombre del cauce:	CANAL SHUSHCAPAMPA
2.nombre del sitio de aforo:	CANAL SHUSHCAPAMPA
3.institución/responsable del proyecto:	Junta de usuarios canal LLushcapampa
4.observaciones de la sección de aforo:	sección rectangular

DATOS HIDRAULICOS Y GEOMETRICOS			
1.Caudal medio en sección de aforo) m ³ /s			
2.area mojada de la sección transversal			
3.velocidad media			
4.perimetro mojado			
5.espejo de agua			
6.tirante máximo			
7.profundidad hidráulica			
8.radiom hidráulico			
9.número de froud			
10.regimen de flujo			

LOCALIZACIÓN DE LA SECCIÓN DE AFORO	
1.Departamento	Cajamarca
2.Provincia	Cajamarca
3.Distrito	Cajamarca
4.Localidad	Cajamarca
2.Cuenca hidrográfica	Cuenca del rio chonta
3 latitud	7°6'24.09"
4.Longitud	78°31'43.35"
5. Cota	2797.7

REALIZACIÓN DE AFORO		
1.Fecha/hora	25/05/2021	4:30 p. m.
2.responsable del aforo	Jaime Amambal Zambrano	
3.responsable de cálculo	Jaime Amambal Zambrano	

ANEXO N° 3.AFORO METODO VOLUMETRICO

PRUEBAS	Tiempo (segundos)	Volumen (L)	Caudal (L/s)	Caudal (m3/s)
1	2.9	10	3.45	0.0034
2	2.56	10	3.91	0.0039
3	2.53	10	3.95	0.0040
4	2.69	10	3.72	0.0037
5	2.72	10	3.68	0.0037
6	2.45	10	4.08	0.0041
7	2.36	10	4.24	0.0042
8	2.34	10	4.27	0.0043
9	2.28	10	4.39	0.0044
10	2.58	10	3.88	0.0039
11	2.87	10	3.48	0.0035
12	2.45	10	4.08	0.0041
PROMEDIO			3.74	0.0037

ANEXO N° 4.AFORO POR EL METODO DIRECTO: VETEDERO TRIANGULAR

PRUEBAS	H (cm)	H (m)	α	CAUDAL ECUACION (L/S)
1	12.6	0.126	22.5	5.51
2	12.5	0.125	22.5	5.41
3	12.4	0.124	22.5	5.30
4	12.6	0.126	22.5	5.51
5	12.7	0.127	22.5	5.62
6	12.8	0.128	22.5	5.74
7	12.5	0.125	22.5	5.41
8	12.5	0.125	22.5	5.41
9	12.4	0.124	22.5	5.30
10	12.4	0.124	22.5	5.30
11	12.5	0.125	22.5	5.41
12	12.3	0.123	22.5	5.19
PROMEDIO				5.47

ANEXO N° 5.CAUDAL TEORICO Y CAUDAL REAL

PRUEBAS	H (cm)	H (m)	α	CAUDAL TEORICO(L/S)	CAUDAL REAL(L/S)
1	12.6	0.126	22.5	5.51	3.45
2	12.5	0.125	22.5	5.41	3.91
3	12.4	0.124	22.5	5.30	3.95
4	12.6	0.126	22.5	5.51	3.72
5	12.7	0.127	22.5	5.62	3.68
6	12.8	0.128	22.5	5.74	4.08
7	12.5	0.125	22.5	5.41	4.24
8	12.5	0.125	22.5	5.41	4.27
9	12.4	0.124	22.5	5.30	4.39
10	12.4	0.124	22.5	5.30	3.88
11	12.5	0.125	22.5	5.41	3.48
12	12.3	0.123	22.5	5.19	4.08
PROMEDIO				5.47	3.74

Con estos datos se calculó el coeficiente de descarga y finalmente se obtuvo la fórmula

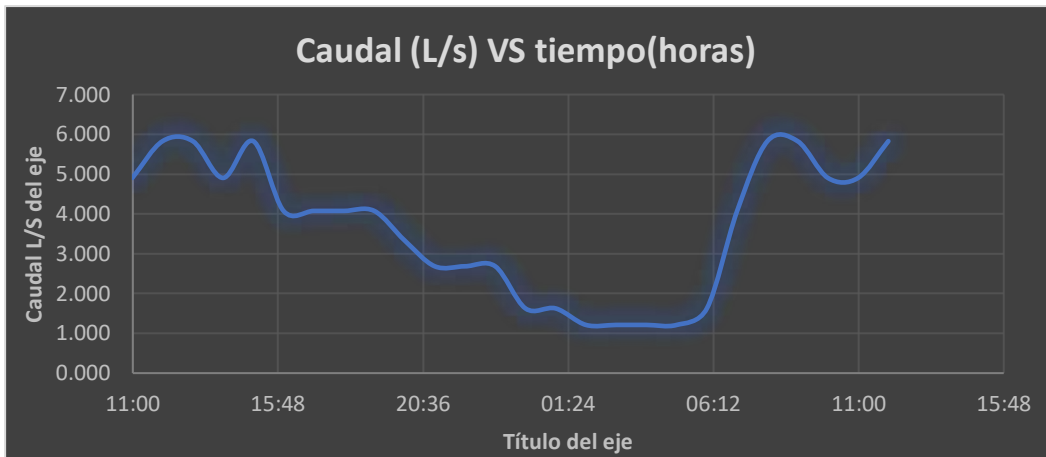
$$Q = 0.669H^{5/2}$$

ANEXO N° 6.ubicación y medición de tirantes del vertedero triangular en el ingreso del caudal de la PTAR



ANEXO N° 7. registro de tirantes con el vertedero triangular calibrado y se verifica los caudales que ingresa a la ptar

Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s	Tiempo horas	tirantes cm	Caudal L/s
11:00	14	4.906	00:00	9	1.625
12:00	15	5.829	01:00	9	1.625
13:00	15	5.829	02:00	8	1.211
14:00	14	4.906	03:00	8	1.211
15:00	15	5.829	04:00	8	1.211
16:00	13	4.076	05:00	8	1.211
17:00	13	4.076	06:00	9	1.625
18:00	13	4.076	07:00	13	4.076
19:00	13	4.076	08:00	15	5.829
20:00	12	3.337	09:00	15	5.829
21:00	11	2.684	10:00	14	4.906
22:00	11	2.684	11:00	14	4.906
23:00	11	2.684	12:00	15	5.829



Q= 5.83 L/seg.

ANEXO N° 8. panel fotográfico del muestreo de aguas residuales







ANEXO N° 9.Resultados del análisis físico química y bilógico proporcionado por EPS
sedacaj

INFORME DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

SOLICITANTE: JAIME AMAMBAL ZAMBRANO
 TIPO DE MUESTRA: Agua residual doméstica.
 PROCEDENCIA: planta de tratamiento de aguas residuales de Contumazá
 PERIODO DE MUESTREO: Julio-2021

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO

FECHA:15/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	266.7	133	122.7	115	57
DEMANDA BIOQUIMICA DEOXIGENO	DBOS	mg/L	401.4	415.3	366	363.1	386
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	609.1	618	475	425	492.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	92	48	37	37.1	20
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.2	13.2	13.2	13.3	13.4
PH (*)	PH		7.58	7.6	7.45	7.42	7.41
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1650*105	1600*105	170*105	110*105	80*105

FECHA:15/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 12:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	267	134	123	116	59
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBOS	mg/L	401.7	415.8	367.5	363.3	386.7
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	609.7	619.8	475.7	425.5	492.5
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	93	48.3	38	37.2	20.2
TEMPERATURA (*)	T	°C	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3
PH (*)	PH		7.62	7.6	7.43	7.41	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1640*105	1650*105	160*105	115*105	85*105



Alfredo Chávez
Ing. Alfredo Chávez Álvarez
 Jefe (e) Oficina de Control
 de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

FECHA:14/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 12:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	266.8	133	123.1	115	57
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	401	415	367	363.1	386
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	609.1	618	474	425.1	492.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	92	48	39	37	20.1
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2
PH (*)	PH		7.63	7.61	7.43	7.42	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1650*105	1600*105	150*105	110*105	80*105

FECHA:16/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	261.7	128	117.7	110	52
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	396.4	410.3	361	358.1	381
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	604.1	613	470	420	487.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	87	43	32	32.1	17
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.2	13.2	13.2	13.3	13.4
PH (*)	PH	Unidad	7.6	7.61	7.46	7.42	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1600*105	1600*105	160*105	110*105	75*105

FECHA:16/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 12:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	261.7	128	117.7	110	52
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	396.4	410.3	361	358.1	381
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	604.1	613	470	420	487.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	87	43	32	32.1	16
TEMPERATURA (*)	T	°C	17.3	17.4	17.8	17.4	17.3
PH (*)	PH		7.58	7.5	7.45	7.43	7.41
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1645*105	1650*105	160*105	115*105	80*105



Ing. Alfredo Chávez Álvarez

Jefe (e) Oficina de Control de Calidad

E.P.S. SEDACAJ S.A.

OFICINA PRINCIPAL
 ○ Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ○ contact@sedacaj.com.na

FECHA:16/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 6:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	ml/L	262	129	118	111	54
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	396.7	410.8	362.5	358.3	381.7
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	604.7	614.8	470.7	420.5	487.5
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	88	43.3	33	32.2	16.3
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.2	13.2	13.2	13.3	13.4
PH (*)	PH		7.6	7.62	7.43	7.41	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1640*105	1600*105	150*105	110*9105	80*105

FECHA:17/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	ml/L	258.7	125	114.7	107	49
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	393.4	407.3	358	355.1	378
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	601.1	610	467	417	484.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	84	65	45.2	39.4	17
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.6	13.4	13.3	13.3	13.4
PH (*)	PH		7.58	7.58	7.57	7.55	7.56
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1600*105	1600*105	160*105	110*105	70*105

FECHA:17/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 12:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	ml/L	259	126	115	108	51
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	393.7	407.8	359.5	355.3	378.7
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	601.7	611.8	467.7	417.5	484.5
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	85	60.1	40.8	32.8	18
TEMPERATURA (*)	T	°C	17.6	17.5	17.4	17.4	17.3
PH (*)	PH		7.58	7.55	7.56	7.5	7.55
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1640*105	1650*105	155*105	115*105	80*105



Alfredo
Ing. Alfredo Chávez Alvarez
 Jefe (a) Oficina de Control
 de Calidad
 E.P.S. SEDACAJ S.A.

OFICINA PRINCIPAL
 ● Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ● sedacaj@sedacaj.com.pe
 ● 076-363660

OFICINA COMERCIAL

FECHA: 17/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 6:00 pm							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	-SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	258.8	125	115.1	107	49
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	393	407	359	355.1	378
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	601.1	610	466	417.1	484.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	84	60	42	36	17.9
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.2	14.3	14.4	14.3	14.2
PH (*)	PH		7.59	7.54	7.55	7.54	7.52
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1650*105	1600*105	140*105	120*9105	75*105

FECHA: 18/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	251.7	118	107.7	100	42
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	386.4	400.3	351	348.1	371
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	594.1	603	460	410	477.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	77	56	38	30.1	16.8
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.5	13.4	13.5	13.3	13.4
PH (*)	PH		7.6	7.61	7.45	7.4	7.43
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1650*105	1600*105	170*105	110*105	120*105

FECHA: 18/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	252	119	108	101	44
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBO5	mg/L	386.7	400.8	352.5	348.3	371.7
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	594.7	604.8	460.7	410.5	477
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	78	58	40.2	30.8	17
TEMPERATURA (*)	T	°C	17.8	17.7	17.8	17.7	17.8
PH (*)	PH		7.59	7.51	7.5	7.5	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1640*105	1650*105	160*105	115*105	75*105



Alfredo Chávez Álvarez
Ing. Alfredo Chávez Álvarez
Jefe (a) Oficina de Control de Calidad
E.P.S. SEDACAJ S.A.



OFICINA PRINCIPAL
 ● Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ● sedacaj@sedacaj.com.pe
 ● 076-363660

OFICINA COMERCIAL
 ● Av. Perú N° 658
 ● C.C. El Quinde - 2do Nivel
 ● 076-367952

FECHA: 18/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 7:00 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-JFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	251.8	118	108.1	100	42
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBOS	mg/L	386	400	352	348.1	371
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	594.1	603	459	410.1	477.1
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	77	54	40	36	17.5
TEMPERATURA (*)	T	°C	14.3	14.2	14.2	14.3	14.5
PH (*)	PH		7.62	7.6	7.44	7.41	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100ml	1650*105	1600*105	180*105	120*105	60*105

FECHA: 19/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 6:30 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-JFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	243	154	190	158.9	128
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBOS	mg/L	494	474	358.7	367.3	328
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	680.3	602	482	482	435
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	60	60.2	43.7	42	17.8
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.2	13.4	13.3	13.2	13.4
PH (*)	PH		7.61	7.61	7.45	7.46	7.44
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100ml	1650*105	1600*105	230*105	150*105	60*105

FECHA: 19/07/2021							
HORA DE MUESTREO: 6:30 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-JFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGIA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION	SST	mL/L	244	155	192	159.3	129
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO	DBOS	mg/L	493.3	475	358.8	367.5	328.5
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO	DQO	mg/L	680.1	603	482.4	482.4	435.5
ACEITES Y GRASAS	AYG	mg/L	61.8	60.1	44	42.9	18
TEMPERATURA (*)	T	°C	17.4	17.3	17.5	17.6	17.6
PH (*)	PH		7.6	7.63	7.48	7.44	7.41
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100ml	1640*105	1600*106	220*10	180*105	60*105



Ing. Alfredo Chávez Álvarez
Jefe (a) Oficina de Control de Calidad
E.P.S. SEDACAJ S.A.



OFICINA PRINCIPAL
 ● Jr. Cruz de Piedra N° 150
 ● sedacaj@sedacaj.com.pe
 ● 076-363000

OFICINA COMERCIAL
 ● Av. Perú N° 658
 ● C.C. El Quinde - 2do Nivel
 ● 076-367962

FECHA:19/07/2021							
HORA DE MUESTREO:6:30 am							
CODIGO DE MUESTREO			C-01	STI-ITD	STD-IFP	SFP-ITE	C-02
PARAMETROS	SIMBOLOGÍA	UNIDAD	RESULTADOS				
SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN	SST	mg/L	242	150	190	159	127
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	DBO5	mg/L	491	471	355	366	327
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	DQO	mg/L	679.4	602	481	480	433
ACEITES Y GRASAS	AVG	mg/L	62	58.9	43	42.9	17
TEMPERATURA (*)	T	°C	13.5	13.7	13.6	13.5	13.5
PH (*)	PH		7.61	7.62	7.48	7.47	7.4
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	CTT	NMP/100mL	1650*105	1600*105	220*105	130*9105	60*105

(*) Datos tomados in situ.

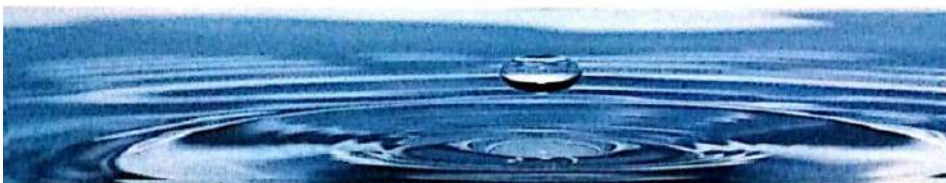
c-01: Ingreso al tanque Imhoff
STI: Salida del tanque Imhoff
ITD: Ingreso tanque Dortmund
STD: Salida del tanque Dortmund
IFP: Ingreso filtro percolador
SFP: salida de los filtros percoladores
ITE: ingreso tanque de estabilización
C-02: salida del tanque de estabilización

-los análisis se han efectuado tomando en cuenta los METODOS NORMALIZADOS PARA EL ANÁLISIS DE AGUA POTABLE Y RESIDUAL
APHA-AWWA-WPCF 19 edición.
-muestras tomadas por el solicitante.

Cajamarca, 26 de enero 2022



Alfredo Chávez Álvarez
Ing. Alfredo Chávez Álvarez
Jefe (a) Oficina de Control
de Calidad
E.P.S. SEDACAJ S.A.



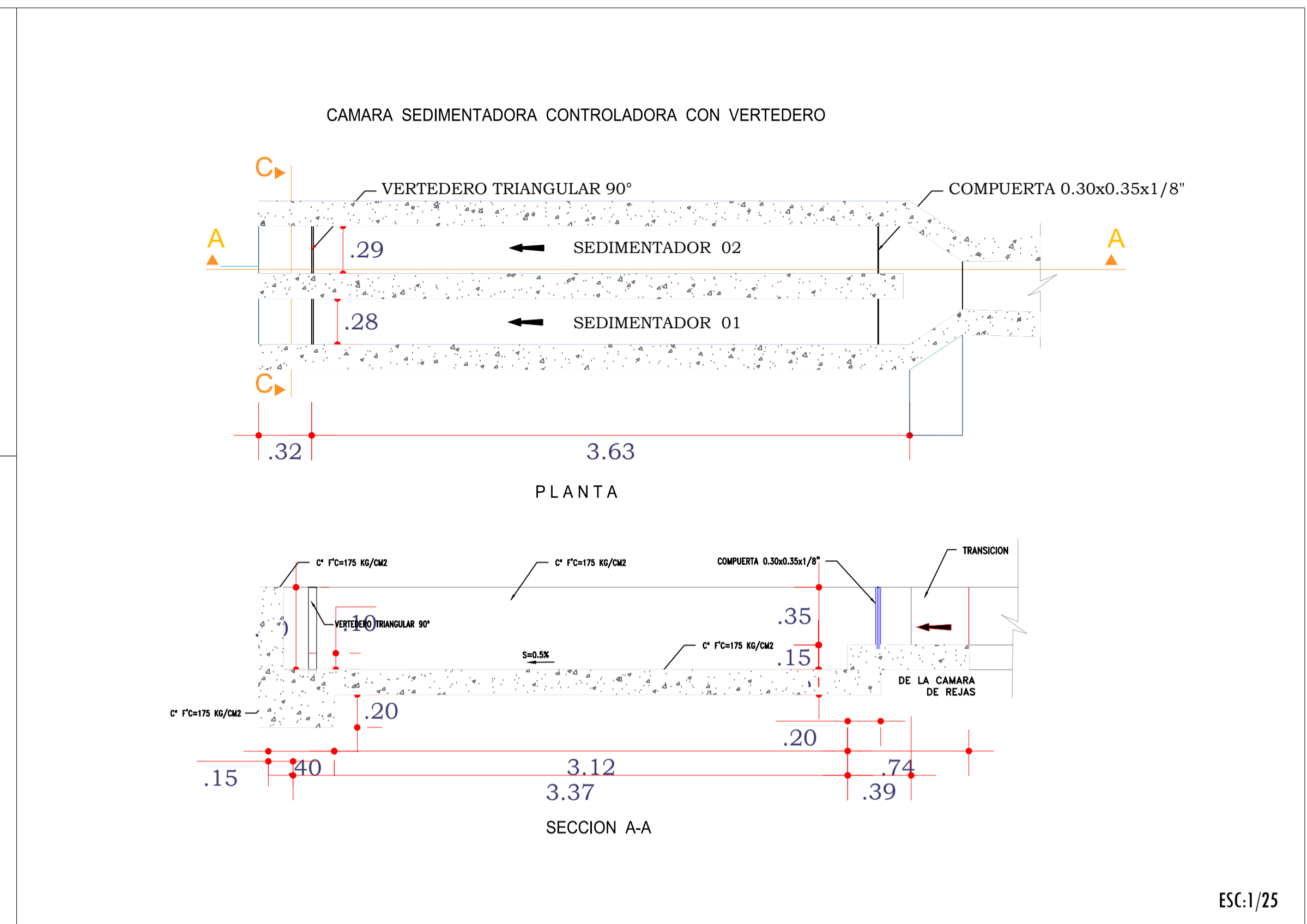
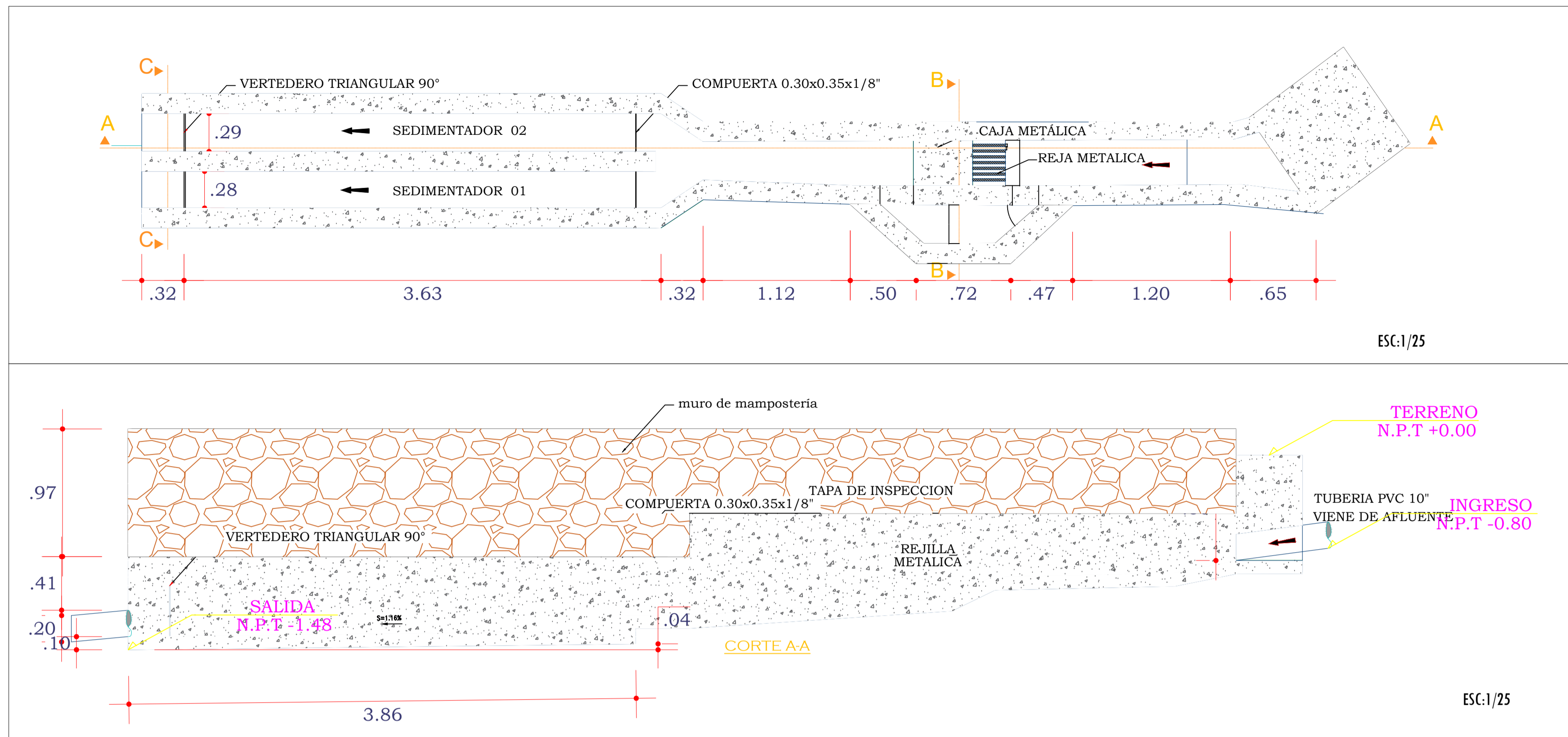
OFICINA PRINCIPAL
● Jr. Cruz de Piedra N° 150
● sedacaj@sedacaj.com.pe
● 076-363660

OFICINA COMERCIAL
● Av. Perú N° 658
● C.C. El Quinde - 2do Nivel
● 076-367952

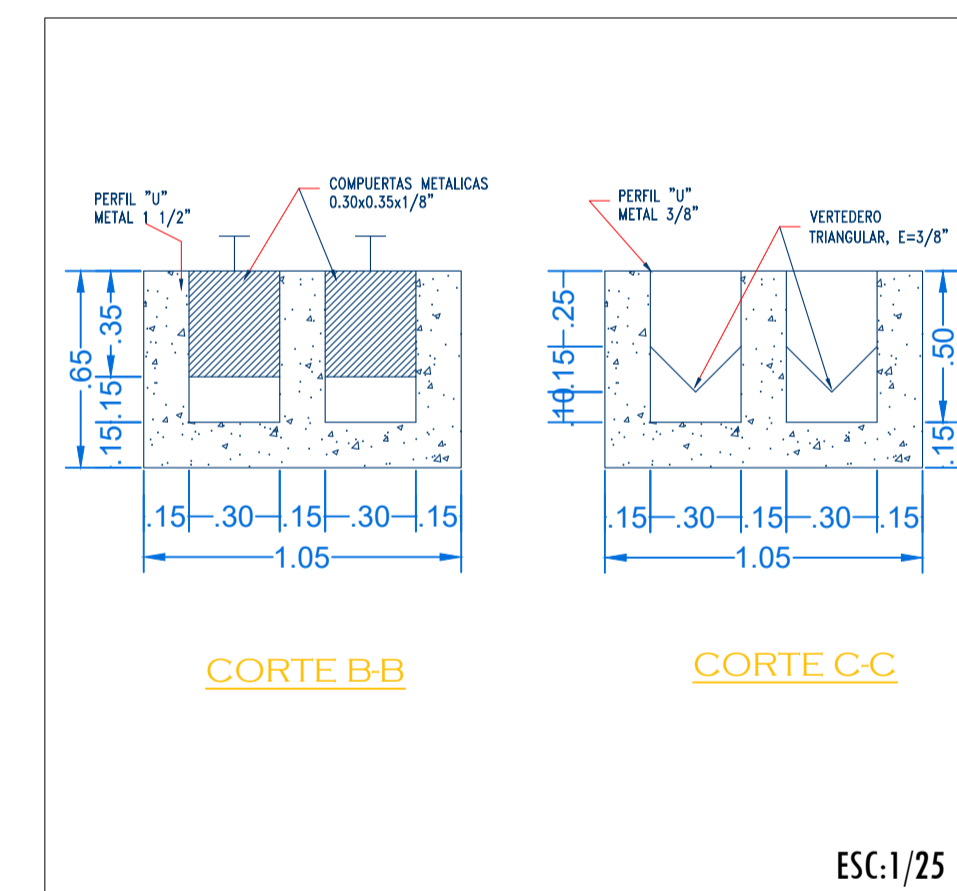
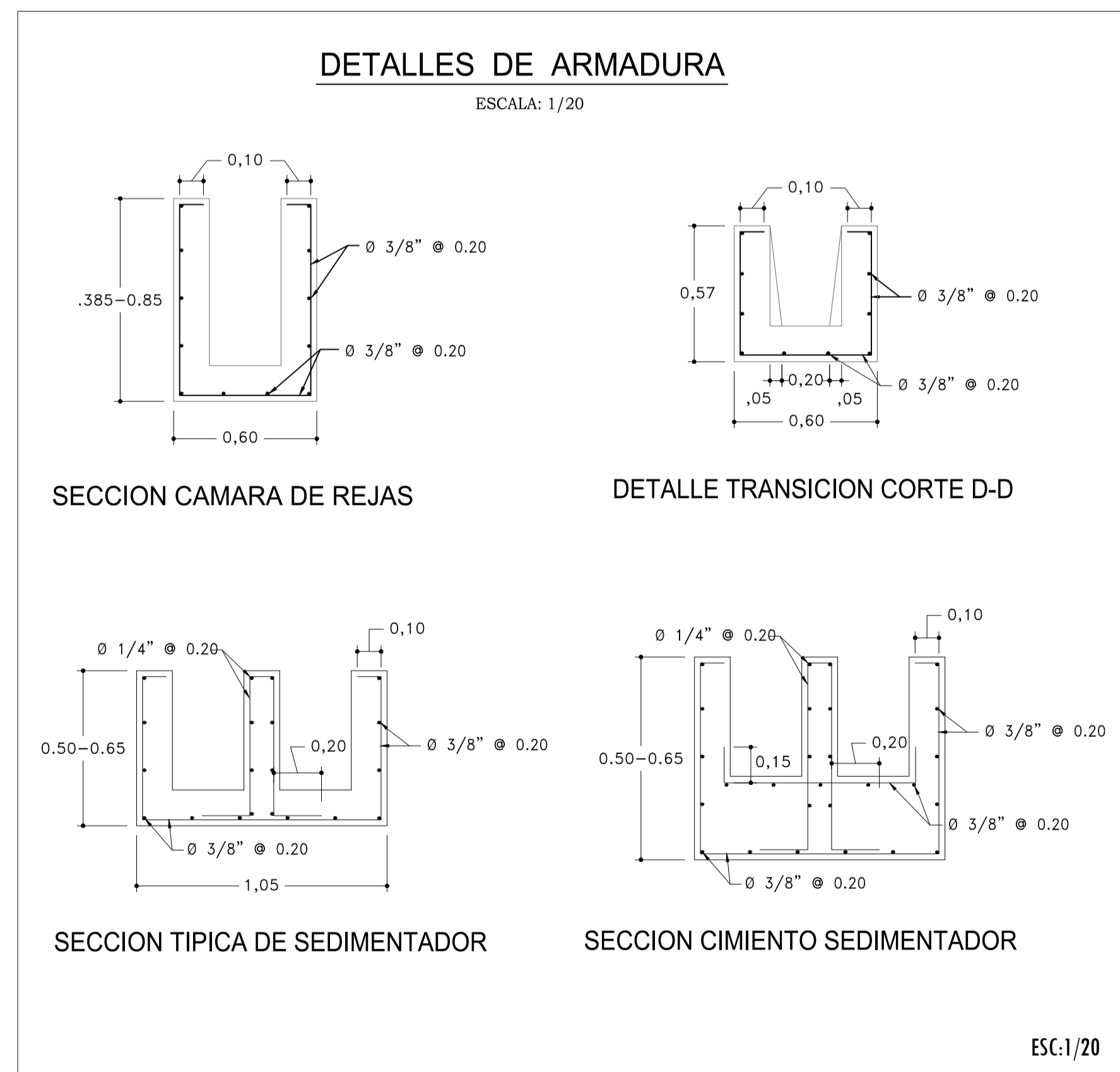
ANEXO N° 10. Panel fotográfico de la planta de tratamiento de aguas residuales de Contumazá



Anexo 16. Planos



TRASLAPES Y EMPALMES			ESTRIBOS		
Ø	COLUM. (cm)	EN MUROS	Ø	L	R mín.
3/8"	30	<p>Los empalmes L se ubicaran en el tercio central. No se empalmaran mas del 50% de la armadura en una misma sección.</p>	1/4"	7.5 cm.	2.5 cm.
1/2"	40		3/8"	10 cm.	2.5 cm.
5/8"	50				
3/4"	50				
1"	90				



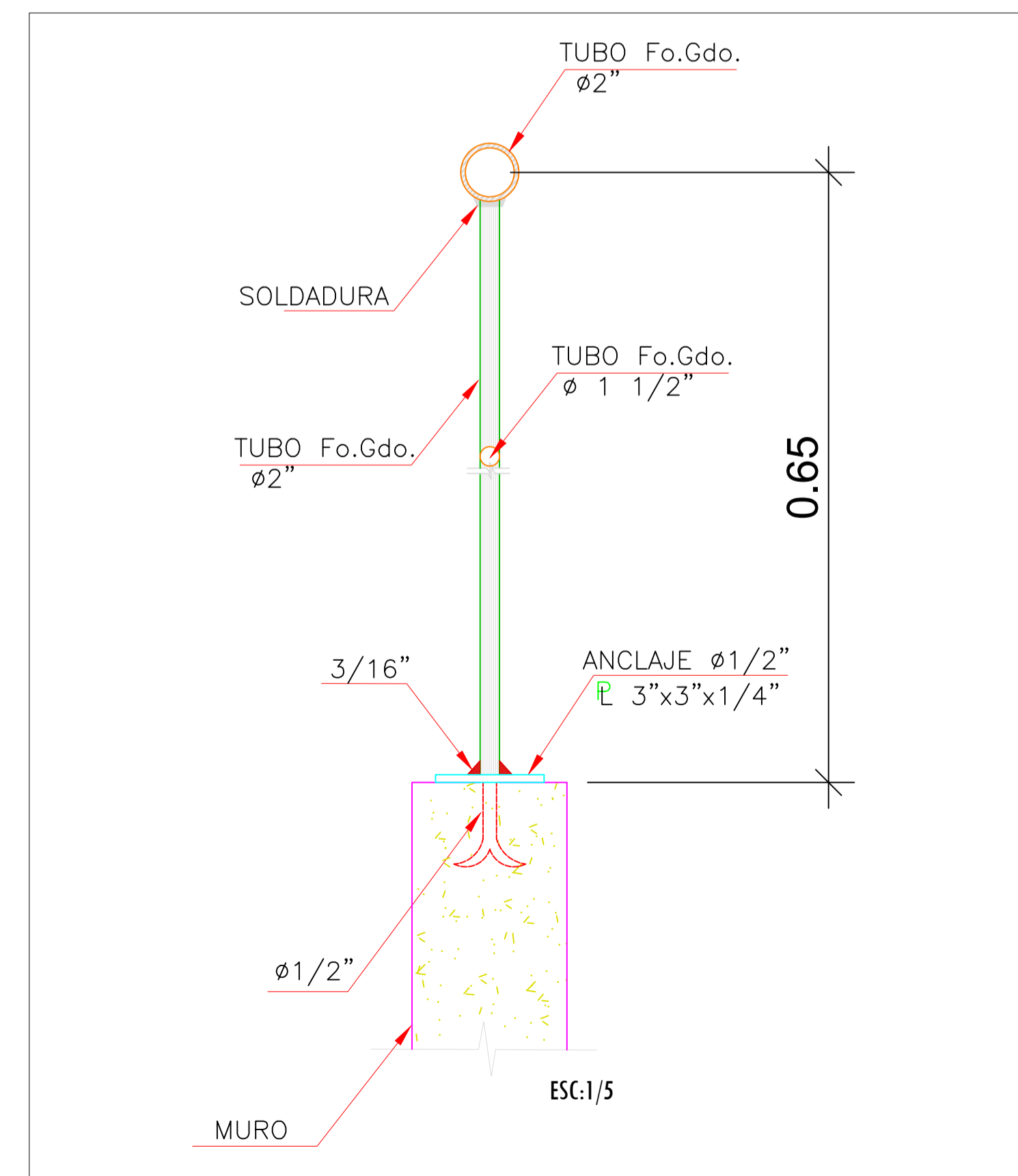
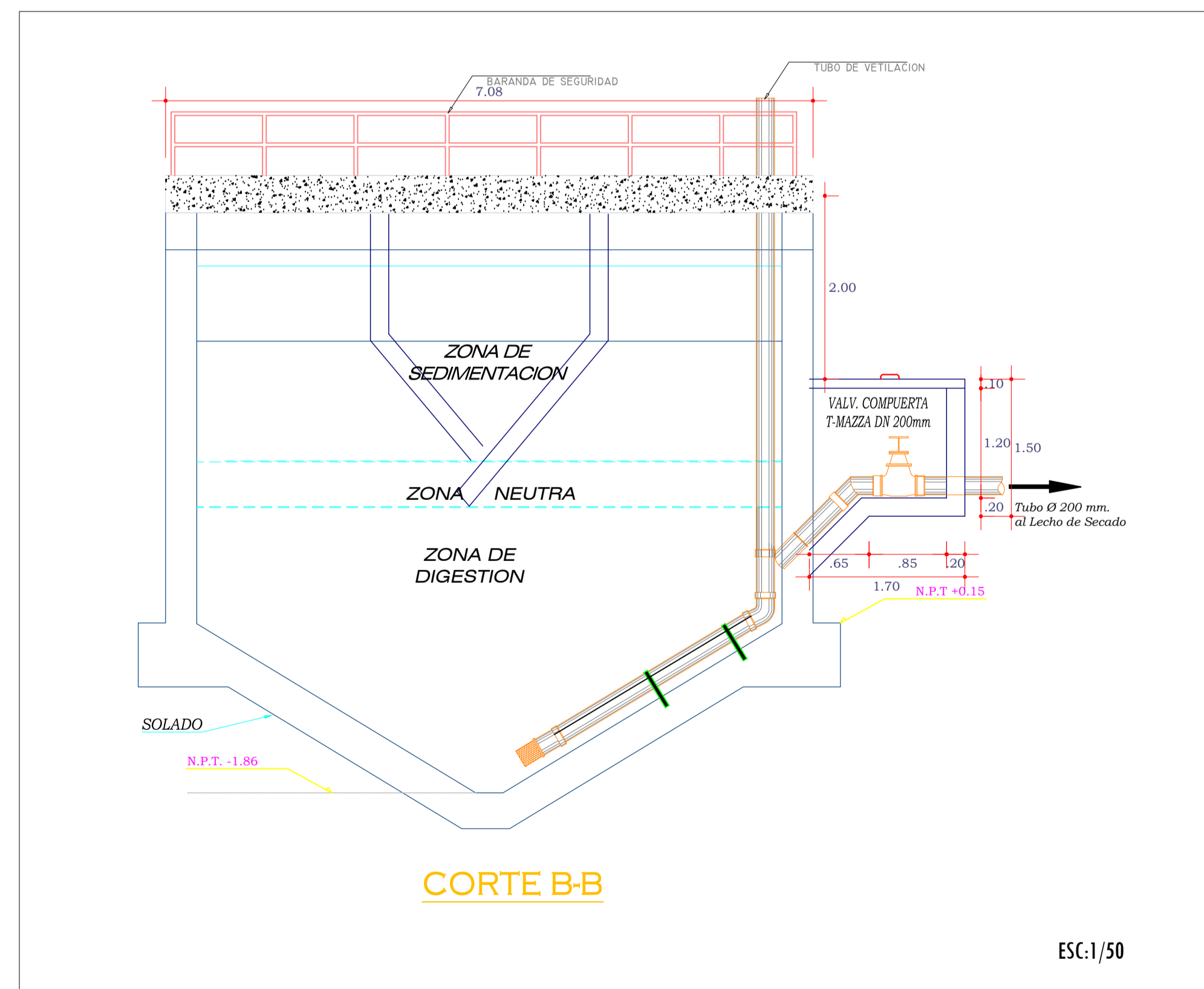
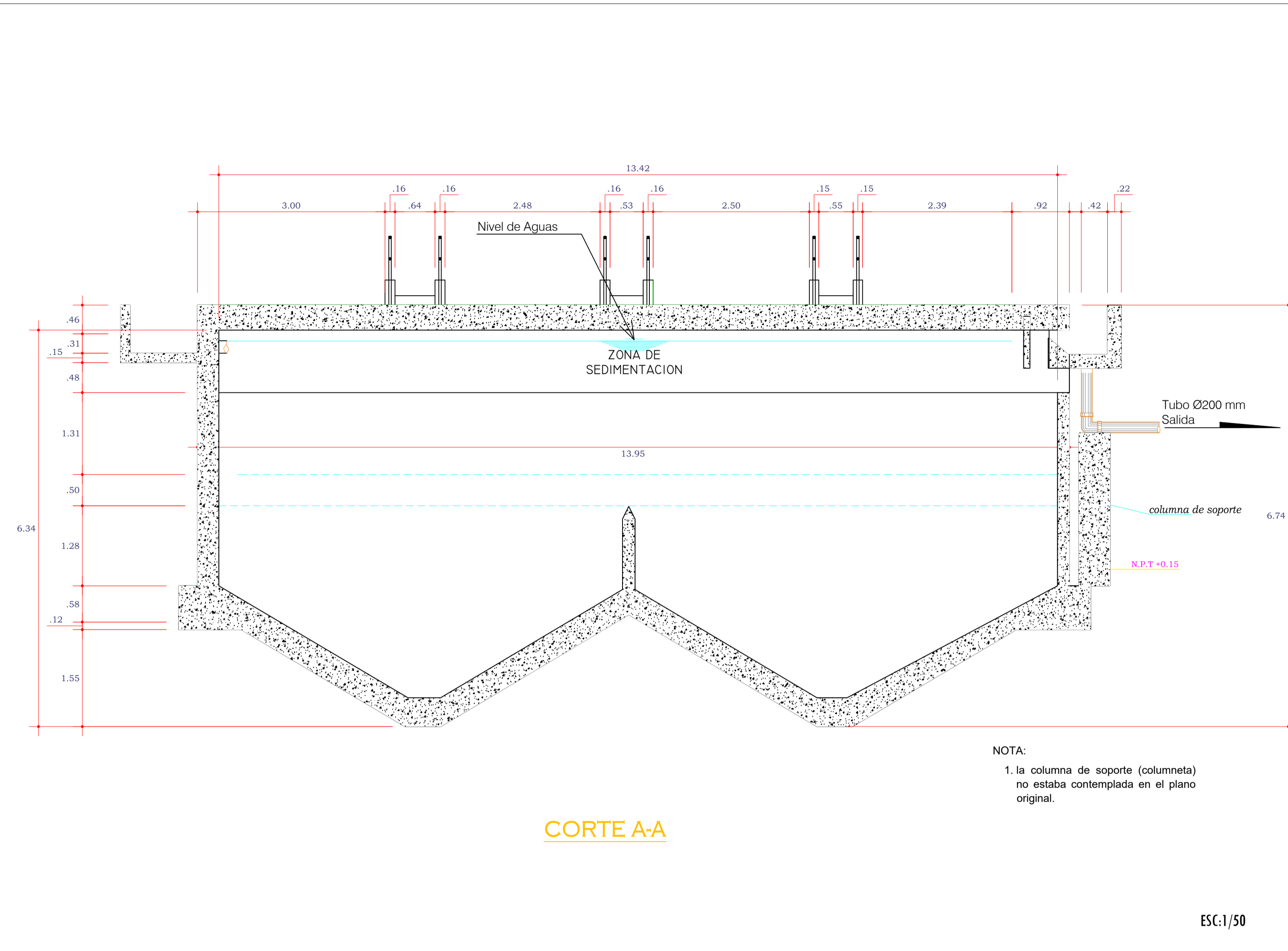
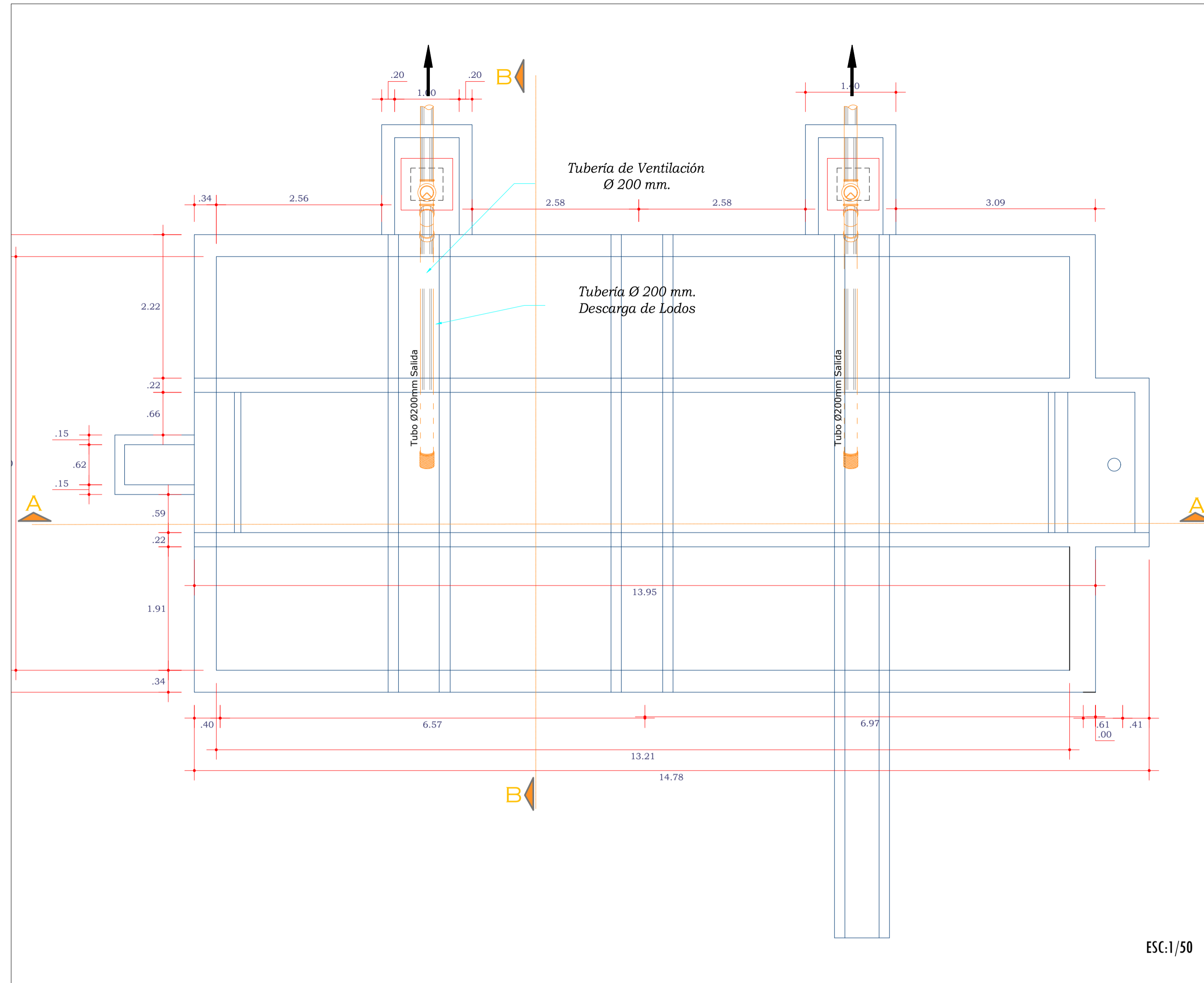
ESPECIFICACIONES GENERALES	
REJA METÁLICA:	
- Ancho total	: 0.30 m
- Longitud total	: 0.55 m
- Diámetro de rejas (Ø)	: 1/4"
- N° de rejas	: 11 und.
- Separación de rejas	: 1"
CONCRETO:	
- Cámara de rejas (Losas y Muros)	: f'c=175 kg/cm
- Sedimentador (Losas, Cimientos y Muros)	: f'c=175 kg/cm
- Solado	: f'c=140 kg/cm
RECUBRIMIENTOS:	
- Recubrimiento mínimo	: 3.0 cm

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P DE HIDRÁULICA

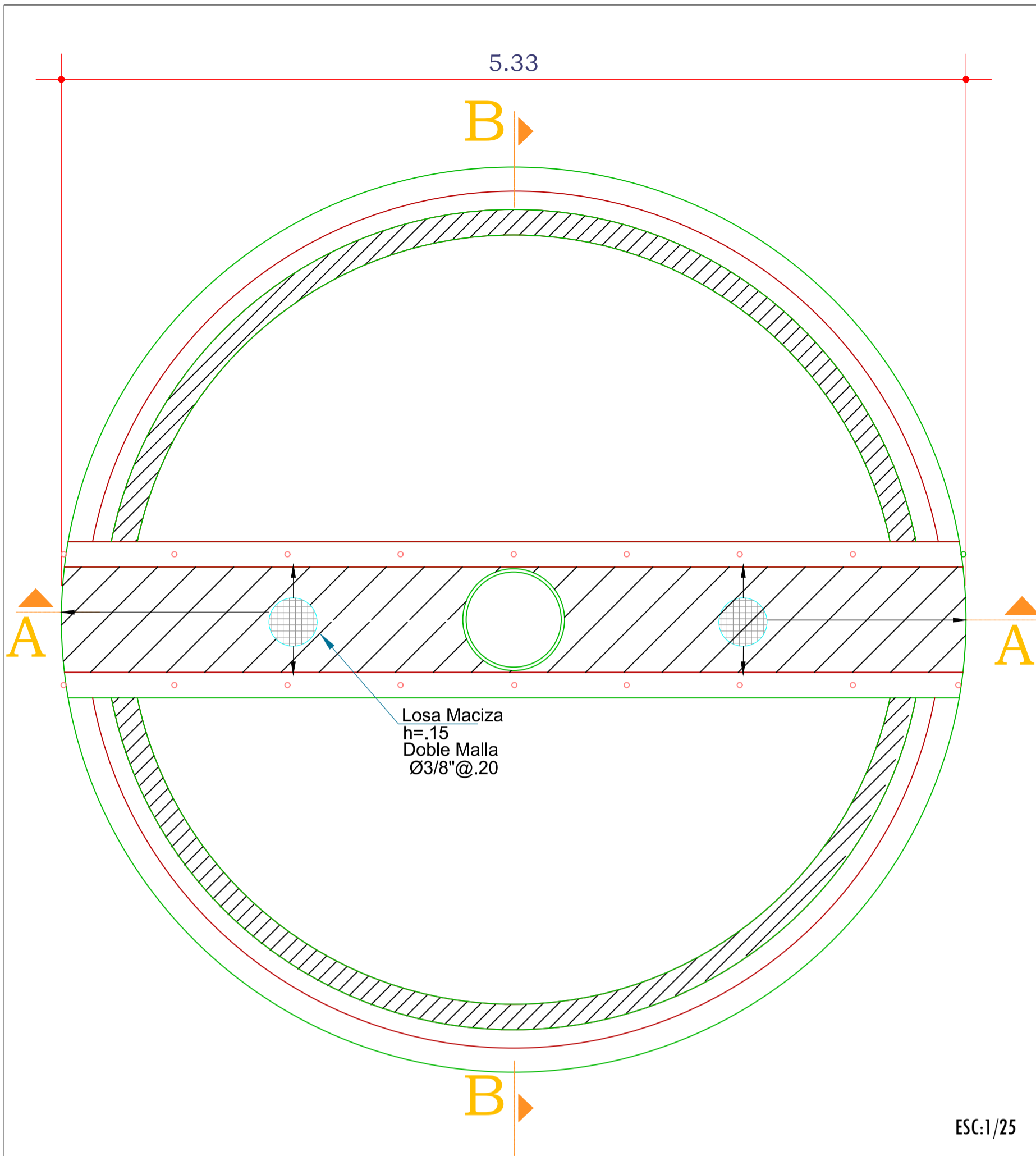
TESIS PROFESIONAL
EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CONTUMAZÁ, 2021

PLANO
DESARENADOR

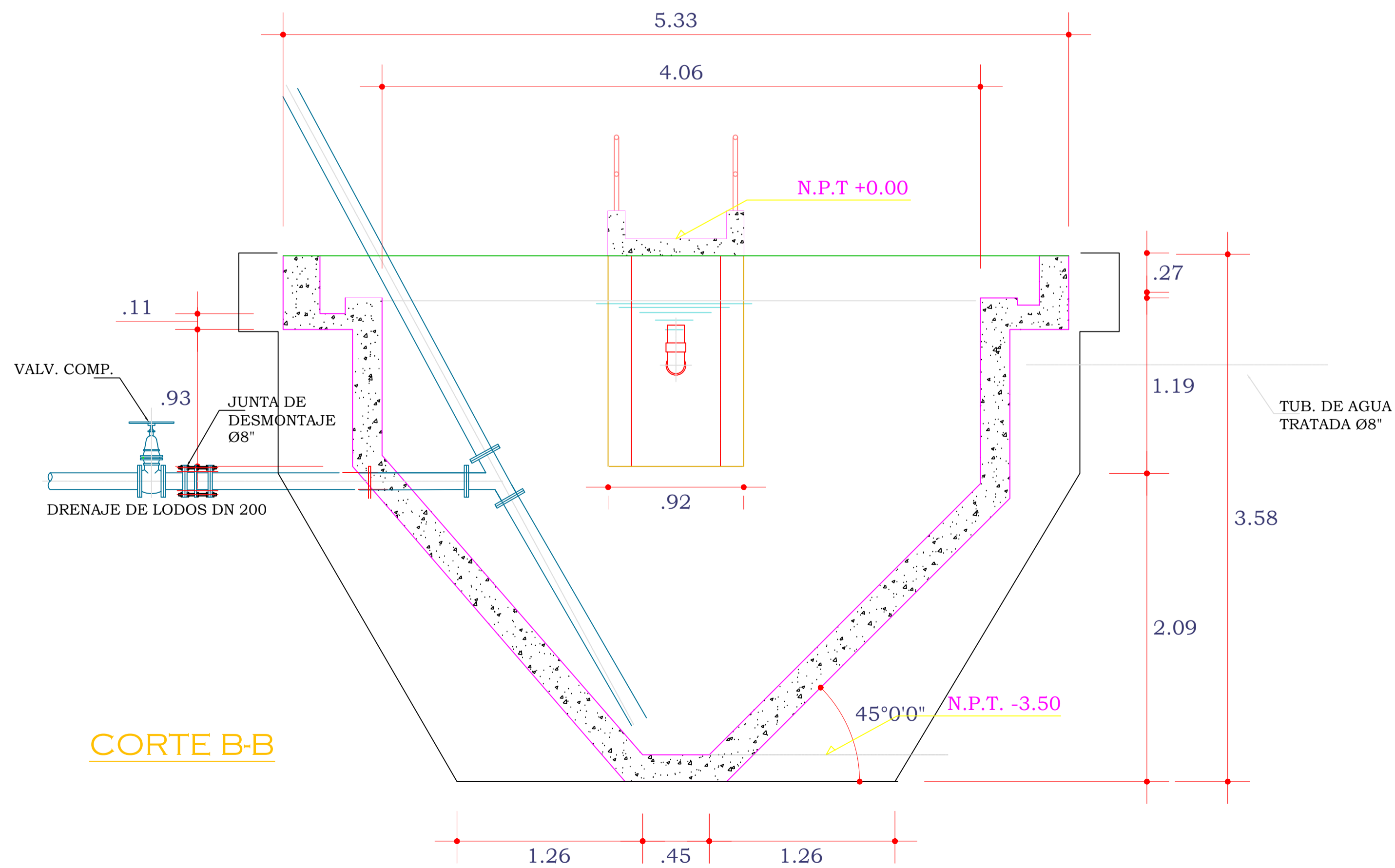
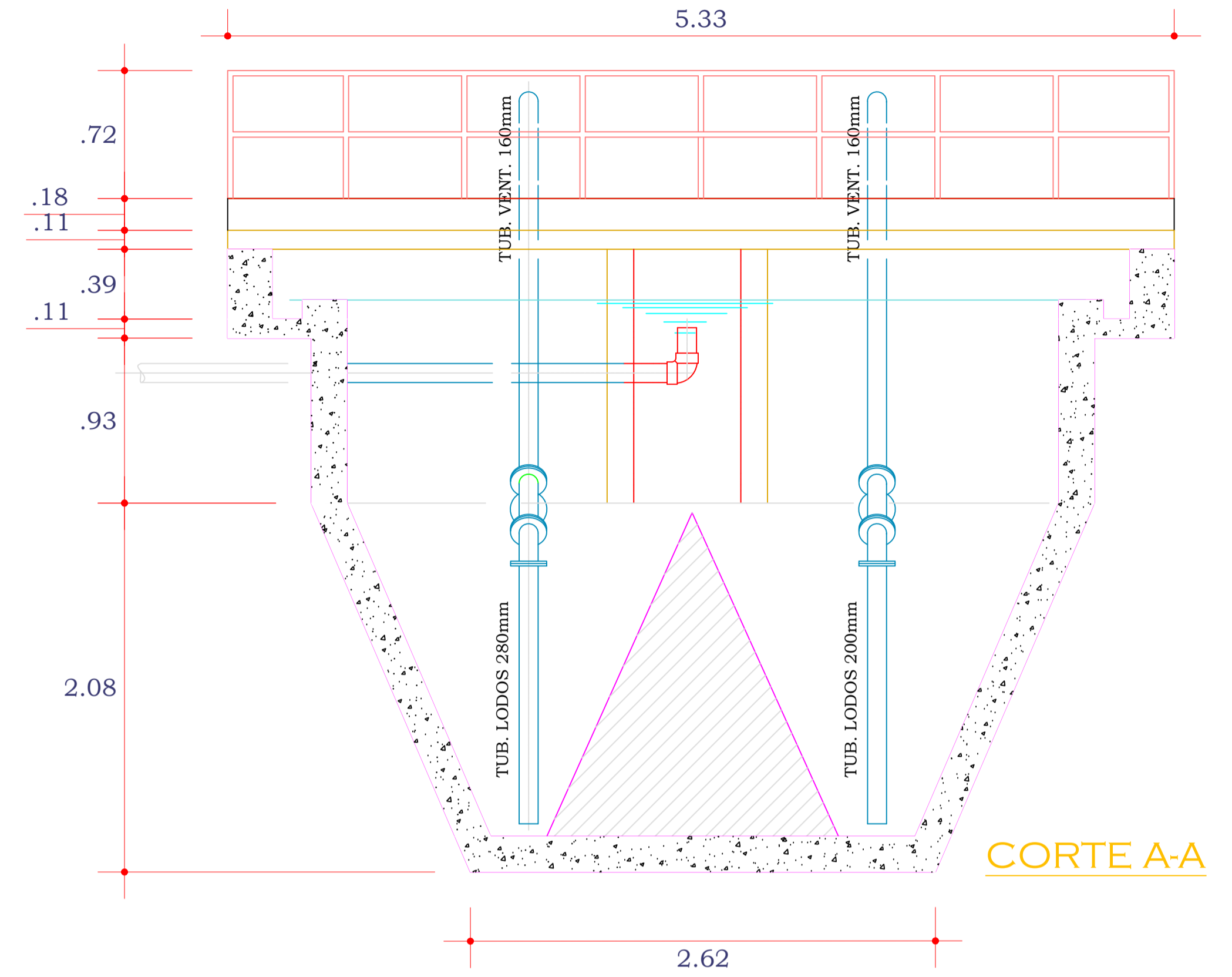
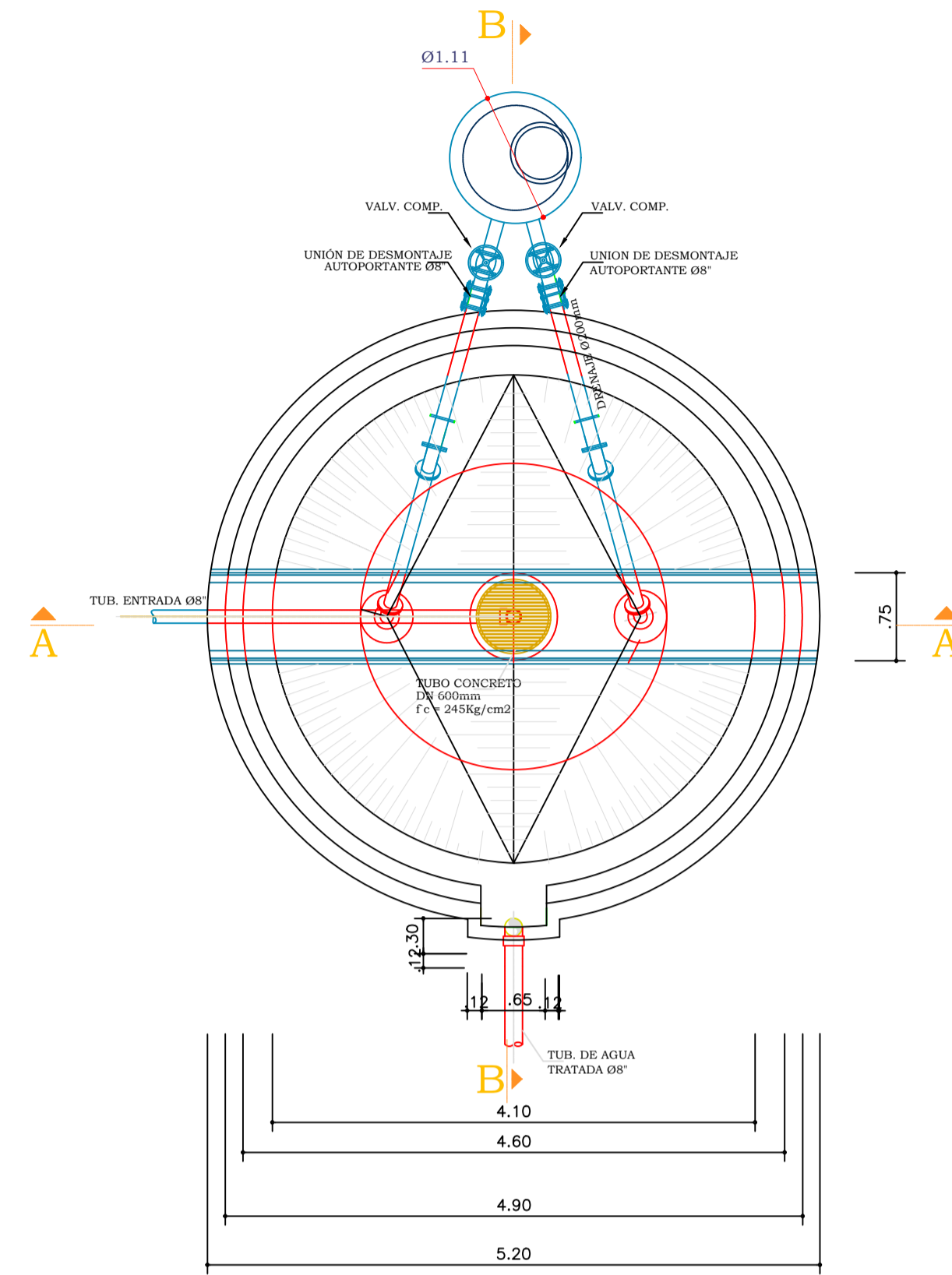
FECHA: FEBRERO-2023 ESCALA: INDICADA TESIS: BACH. JAIME AMAMBAL ZAMBRANO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P DE HIDRÁULICA		
TESIS PROFESIONAL EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CONTUMAZÁ, 2021		
PLANO TANQUE IMHOFF		
FECHA: FEBRERO-2023	ESCALA: INDICADA	TESISTA: BACH.JAIME AMAMBAL ZAMBRANO

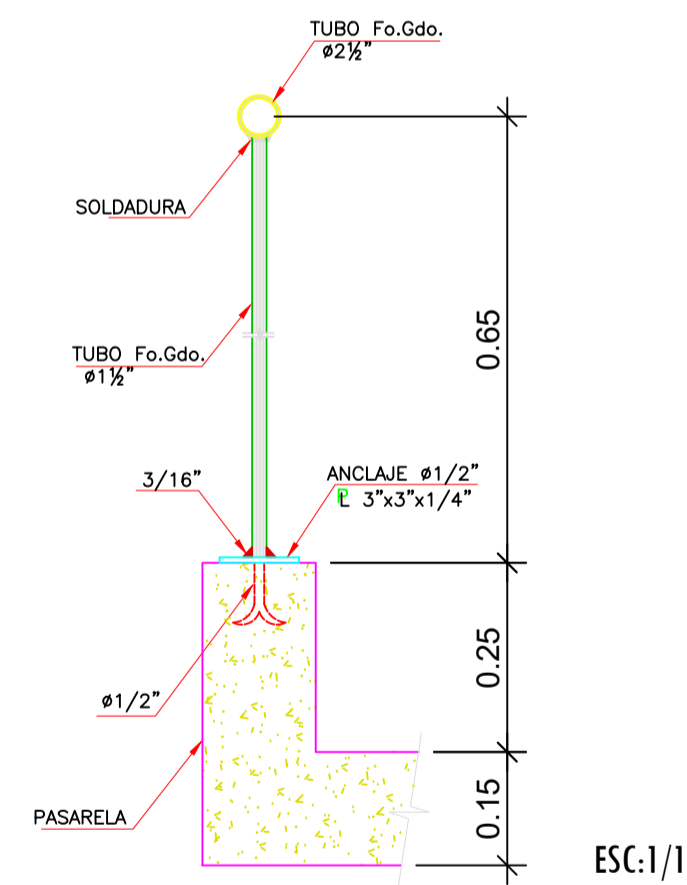


SEDIMENTADOR DORTMUND



DETALLE DE BARANDA DE SEGURIDAD

ESC. 1/10



ESPECIFICACIONES GENERALES

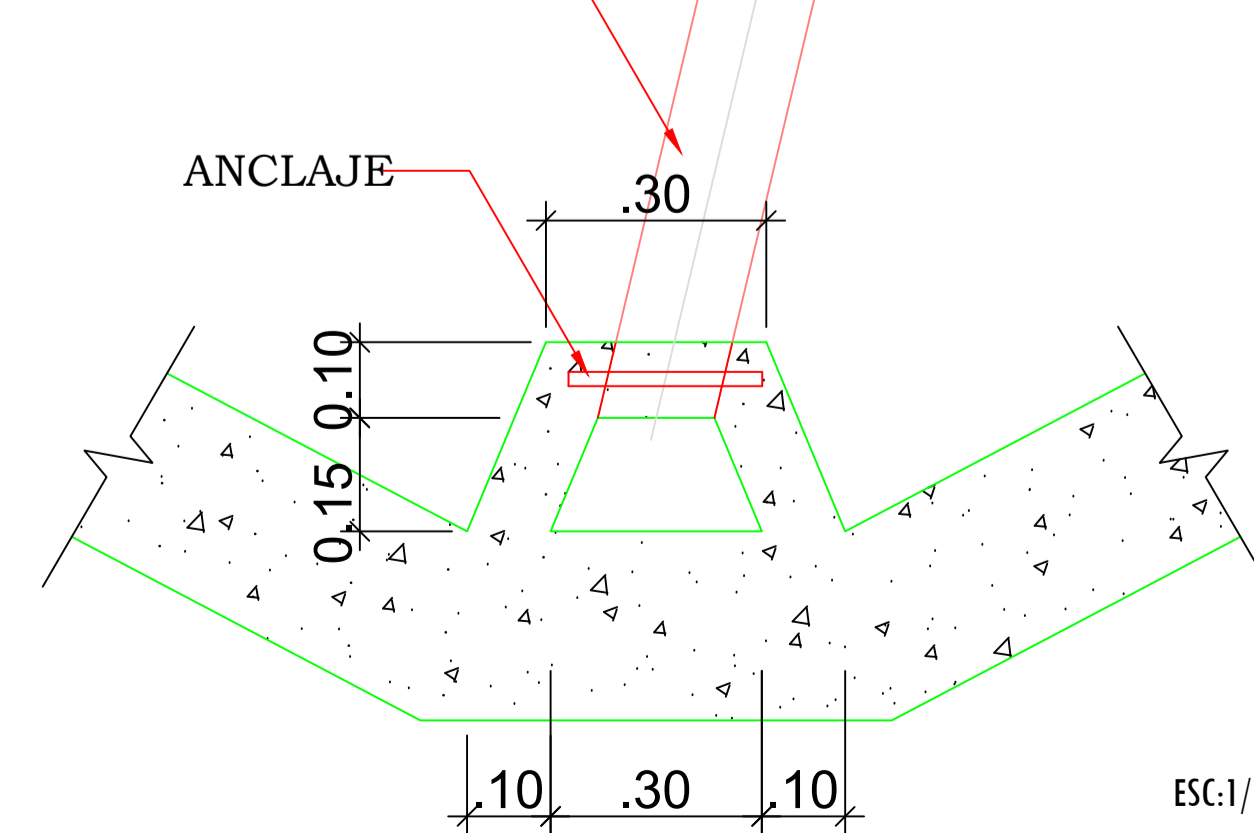
CONCRETO:

- Muros Reforzados en Dortmund : $f'c=245 \text{ kg/cm}^2$
- Concreto simple en Prisma : $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
- Solado : $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$

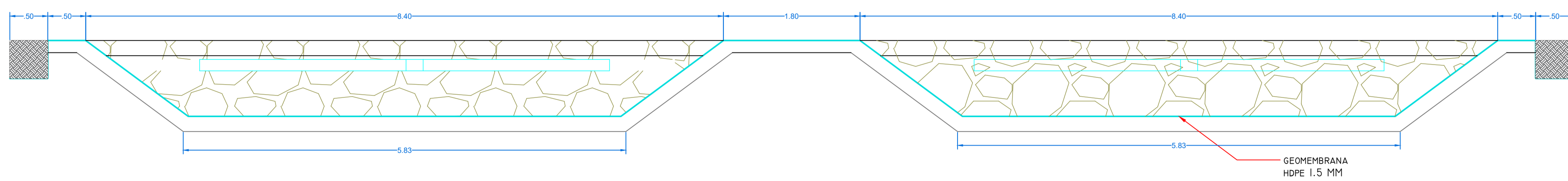
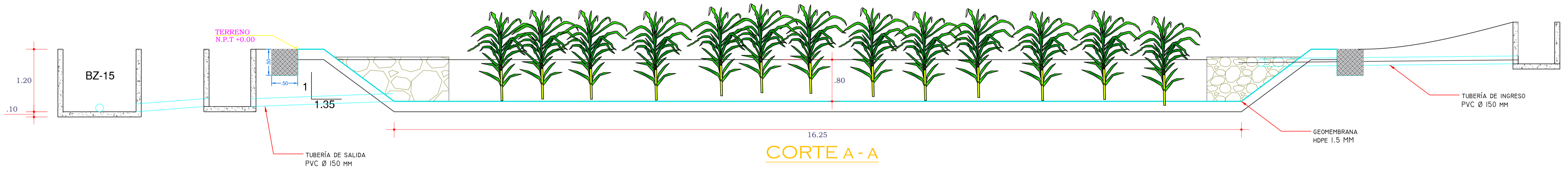
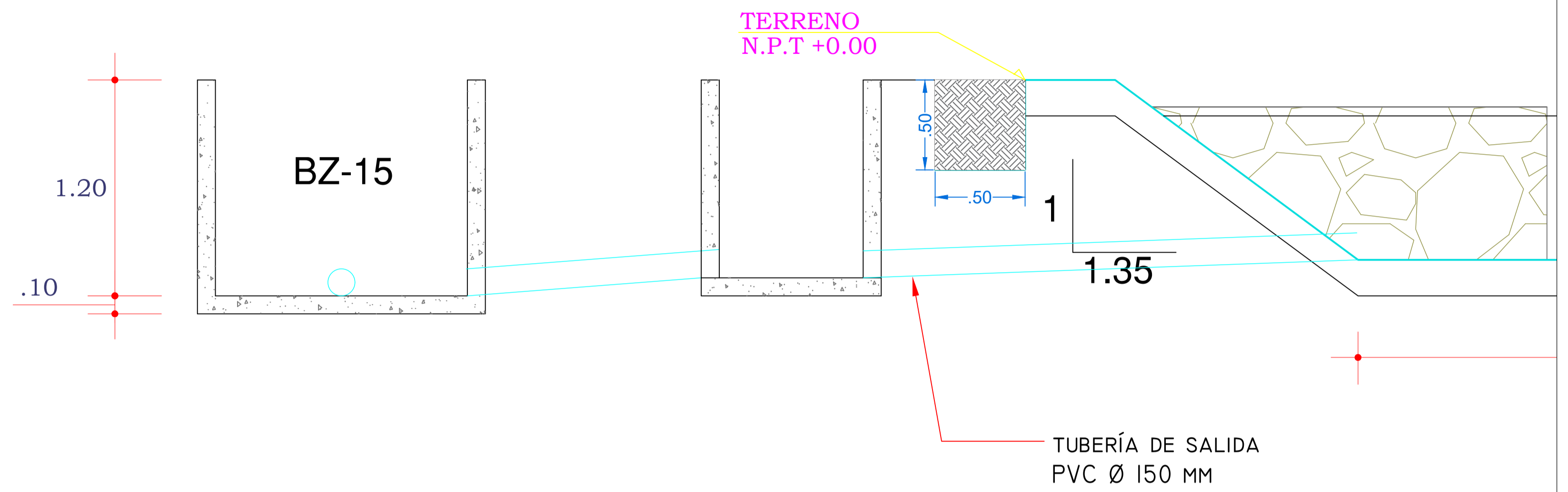
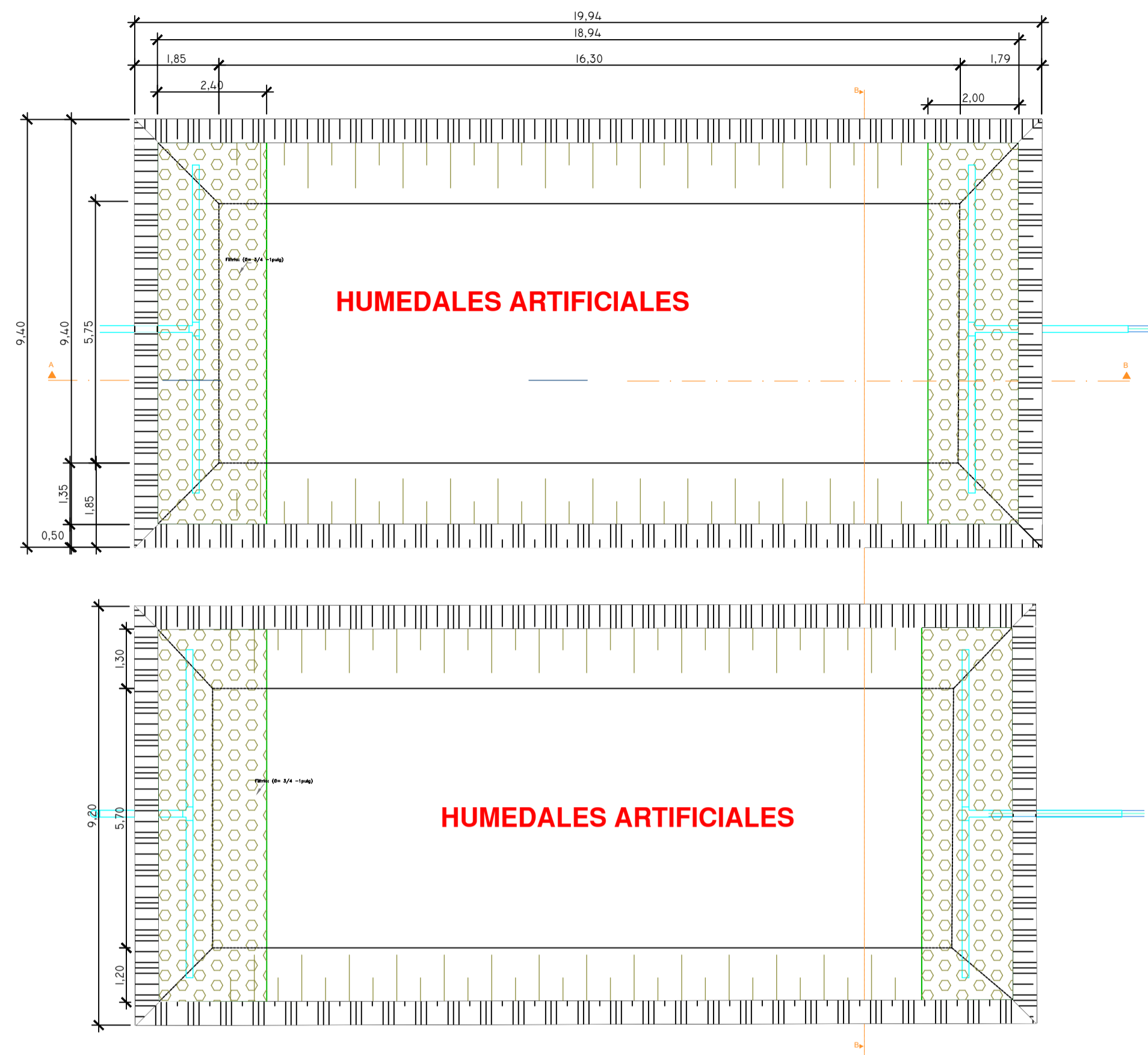
GENERAL:

- * Cemento en la Estructura : Cemento Portland Tipo V
- * Capacidad Portante del suelo : 1.56 kg/cm^2

TUB. DRENAJE DE LODOS Ø6"



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA E.A.P DE HIDRÁULICA		
TESIS PROFESIONAL EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CONTUMAZÁ, 2021		
PLANO SEDIMENTADOR DORTMUND		
FECHA: FEBRERO-2023	ESCALA: INDICADA	TESISTA: BACH.JAIME AMAMBAL ZAMBRANO



CORTE B - B

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA E.A.P DE HIDRÁULICA		
	TESIS PROFESIONAL EVALUACION DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE CONTUMAZÁ, 2021	
	PLANO HUMEDALES ARTIFICIALES	
FECHA: FEBRERO-2023	ESCALA: INDICADA	TESISTA: BACH.JAIME AMAMBAL ZAMBRANO

