

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE  
OTUZCO - LA LIBERTAD, 2018”**

---

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA**

**AUTORES:**

**BR. MANUEL ALEJANDRO MARIÑOS ESCALANTE**

**BR. FRANK ALEXANDER RODRÍGUEZ HERRERA**

**ASESOR:**

**ING. FÉLIX GILBERTO PERRIGO SARMIENTO**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

**N° DE REGISTRO.....**



**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



---

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y  
PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE  
OTUZCO - LA LIBERTAD, 2018”**

---

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA**

**AUTORES:**

**BR. MANUEL ALEJANDRO MARIÑOS ESCALANTE**

**BR. FRANK ALEXANDER RODRÍGUEZ HERRERA**

**ASESOR:**

**ING. FÉLIX GILBERTO PERRIGO SARMIENTO**

**TRUJILLO - PERÚ**

**2019**

**N° DE REGISTRO.....**

## APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN la tesis desarrollada por (los) bachiller (es), Br. MANUEL ALEJANDRO MARIÑOS ESCALANTE y Br. FRANK ALEXANDER RODRIGUEZ HERRERA, denominada: **“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”**

---

Presiente

Ing. FIDEL GERMAN  
SAGÁSTEGUI PLASENCIA  
CIP: 32720

---

Secretario

Ing. GUILLERMO JUAN  
CABANILLAS QUIROZ  
CIP: 17902

---

Vocal

Ing. JORGE LUIS  
PAREDES ESTACIO  
CIP: 90402

---

Asesor

Ing. FELIX GILBERTO  
PÉRRIGO SARMIENTO  
CIP: 29401

## **DEDICATORIA**

**De Manuel:**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por bendecirme con una hermosa familia en la que crecí con buenos valores y conocí el amor fraternal verdadero, y darme una compañera maravillosa y un hijo grandioso que son mi motor y motivo para ser mejor en la vida.

A mis padres, que han sabido formarme con buenos valores, me brindaron su amor sincero y me dieron su total respaldo y confianza para llegar a este punto tan importante de mi vida.

Agradezco también, a mis hermanos, que me brindaron su cariño y protección durante mi formación personal, y con su ejemplo han orientado mi camino en un mundo lleno de adversidades.

Y, sobre todo, a mi esposa y mi querido hijo, con quienes comparto hermosos momentos y han sido el motor y motivo para lograr este objetivo tan importante en mi vida profesional.

## **DEDICATORIA**

**De Frank:**

A Dios, por mantenerme siempre con salud y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente durante todo el trayecto como estudiante.

A mis padres, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido poder cumplir un sueño más, por su incondicional apoyo en cada momento de la vida universitaria y no dejarme caer ante las adversidades que se presentaban.

A mis hermanas, por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento.

A una persona muy especial, por brindarme su apoyo en cada momento para lograr este sueño.

A mis maestros, por haber compartido sus conocimientos y sabiduría y ayudarme al fortalecimiento de nuevos conocimientos académicos.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, doy gracias a Dios, por brindarme su bendición para lograr este objetivo importante en mi carrera.

Asimismo, doy gracias a mis padres, mi esposa y mi hijo, por su incondicional apoyo y motivarme a alcanzar este momento tan importante en mi vida.

De igual forma, un especial agradecimiento a la Universidad Privada Antenor Orrego y a los profesores de la escuela profesional de Ingeniería Civil, quienes con su apoyo e instrucción han hecho posible la culminación de mi carrera profesional.

### **Manuel**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre cada momento de mi vida.

De igual manera agradezco a mis padres y hermanas por ser los pilares fundamentales y haberme apoyado incondicionalmente.

Agradezco de una forma muy especial a la Universidad Privada Antenor Orrego y a los maestros de la escuela profesional de Ingeniería Civil.

### **Frank**

## RESUMEN

Basándonos en la necesidad de la población de Otuzco por requerir de los servicios básicos, entre ellos el más importante que es el de agua potable, se contempló establecer en la zona, una planta de tratamiento de agua potable. Para ello se hicieron estudios de calidad de agua de manera previa que constaron en 4 ensayos de las 03 Muestras en total, la más crítica fue la M3 cuyo resultado fue  $<1.8$  NMP/ 100ml E. Coli  $44.5^{\circ}\text{C}$ ; sería relativamente más elevado que los demás, sin embargo, nosotros hemos concluido que los niveles bacteriológicos se encuentran por debajo del nivel de peligrosidad, a lo cual deducimos que el agua de la quebrada Urmo es apta para el consumo humano; se planteó un canal de Mezcla rápida con un ancho de solera de 0.70m y una profundidad de 0.98m, con una pendiente longitudinal de 0.008%, que conecta y transporta la mezcla de agua y excipientes hasta el Floculador vertical, el cual consta de 05 pozas o canales sectorizados, el primero con un ancho de 0.78 m, el segundo con un ancho de 1.18m, el tercero 1.52m de ancho, el cuarto con 1.84 y finalmente el quinto con 2.13m de ancho, todos con una profundidad de 4.00m en total; después de esto, conecta con un decantador de 2 rampas 12.97m de longitud cada una, además el ancho de cada cámara es de 4.05m en total, para luego pasar al sistema de filtros que es una estructura que tiene 04 cámaras de filtro, cada una de estas cámaras con un ancho de 1.925 en total y un largo de 4.65m, para finalmente dirigirse al sistema de desinfección cuya profundidad total es de 4.60 m. Finalmente se llevó a cabo el modelamiento numérico tridimensional de las estructuras hidráulicas, tales como el barraje tipo creager que consta de una cresta con una altura de 1.05m, un colchón disipador de 8.50m de longitud, y un ancho de encauzamiento de 16.00m. Las velocidades experimentadas en dicho elemento estructural están en un rango de 3.48 a 5.21 m/s en la cresta, luego el agua se lamina a través de ella con un tirante de 0.445m para pasar al colchón con una velocidad promedio de 8.72 m/s en el instante  $T=6\text{s}$  y presenta un régimen de flujo supercrítico con un Froude de 3.24; en la poza del desarenador se ha conectado un canal de purga constante de 0.50m de base y un talud de 2 a 1; el desarenador también tiene esa relación en su talud y el ancho de la base coincide con el ancho del canal de derivación teniendo un ancho de 1.25 m en el fondo y un espejo de agua de 2.80m de longitud, el régimen de flujo en el desarenador es sub crítico para el instante  $T=10\text{s}$ , se modeló contemplando un colchón de agua en el desarenador. Finalmente se afirma que la planta de tratamiento y sus componentes se han proyectado teniendo en cuenta todos los criterios necesarios y obligatorios, para ello se garantiza el buen desempeño tanto hidráulico como funciona del conjunto de estructuras que la componen.

## ABSTRACT

Based on the need of the population to require basic services, including the most important one, which is potable water, it was envisaged to establish a drinking water treatment plant in the area, for which water quality studies were conducted in a previous that they were in 4 trials of the 03 Samples in total, the most critical is to M3 whose result  $<1.8$  NMP / 100ml E. Coli  $44.5^{\circ}$  C, would be relatively higher than the others however we have concluded that the bacteriological levels are find below the level of danger to which we deduce that the water of the Urmo canyon is fit for human consumption; a rapid mixing channel with a screed width of 0.70m and a depth of 0.98m was proposed, with a longitudinal slope of 0.008%, which connects and transports the mixture of water and excipients to the vertical flocculator, which consists of 05 pools or sectorized channels, the first with a width of 0.78 m, the second with a width of 1.18 m, the third 1.52 m wide, the fourth with 1.84 and finally the fifth with 2.13 m wide, all with a depth of 4.00 m In total, after this connects with decanter of 2 ramps 12.97m in length each, in addition the width of each chamber is 4.05m in total, to then pass to the filter system which is a structure that has 04 filter chambers , each one of these cameras has a width of 1,925 in total and a length of 4.65m, to finally go to the disinfection system with a total depth of 4.60 m; Finally, the three-dimensional numerical modeling of the hydraulic structures was carried out, such as the creager type bar that consists of a crest with a height of 1.05m, a dissipating mattress of 8.50m in length, a channeling width of 16.00m, the velocities experienced in said structural element are in a range of 3.48 to 5.21 m / s in the ridge, then the water is rolled through it with a brace of 0.445m to pass to the mattress with an average speed of 8.72 m / s in the instant  $T = 6$ s and presents a supercritical flow regime with a Froude of 3.24; a constant purge channel of 0.50m base and a slope of 2 to 1 has been connected to the sandbox; the desander also has that relation in its slope and the width of the base coincides with the width of the diversion channel having an angle of 1.25 m in the bottom and a mirror of water of 2.80m in length, the flow regime in the desander It is sub critical for the instant  $T = 10$ s, it was modeled contemplating a water mattress in the sand trap, finally it is affirmed that the treatment plant and its components have been projected taking into account all the necessary and obligatory criteria, for this the good performance both hydraulic and works of the set of structures that compose it.

# PRESENTACION

## **Señores miembros del Jurado:**

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO - LA LIBERTAD, 2018”

Atentamente,

Trujillo, Febrero del 2019

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Problema de Investigación.....	1
A.	Realidad Problemática.....	1
B.	Formulación del Problema.....	14
1.2.	Objetivos.....	14
1.3.	Justificación del Estudio.....	15
<b>II.</b>	<b>MARCO DE REFERENCIA.....</b>	<b>15</b>
2.1.	Antecedentes del Estudio.....	15
2.2.	Marco Teórico.....	17
2.2.1.	En cuanto al abastecimiento.....	17
2.2.2.	En cuanto a la mecánica de suelos.....	22
2.2.3.	En cuanto a la Topografía.....	23
2.3.	Marco Conceptual.....	23
2.4.	Sistema de Hipótesis.....	24
2.4.1.	Hipótesis General.....	24
2.4.2.	Variables.....	24
2.4.3.	Operacionalización de las Variables.....	24
<b>III.</b>	<b>METODOLOGIA EMPLEADA .....</b>	<b>26</b>
3.1.	Tipo y Nivel de Investigación.....	26
3.1.1.	Tipo.....	26
3.1.2.	Nivel de Investigación.....	26
3.2.	Población y muestra de Estudio.....	26
3.2.1.	Población.....	26
3.2.2.	Muestra.....	26
3.3.	Diseño de Investigación.....	27
3.4.	Técnicas e instrumentos de Investigación.....	27
3.4.1.	Técnicas.....	27
3.4.2.	Instrumentos.....	27
3.5.	Procesamiento y análisis de Datos.....	27
3.5.1.	Procesamiento de Datos.....	27

3.5.2. Análisis de Datos.....	28
<b>IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. Levantamiento Topográfico.....	29
4.2. Diseño de la Bocatoma para la Captación.....	38
4.3. Planta de Tratamiento de Agua.....	69
4.4. Diseño de Línea de Conducción.....	88
<b>V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>90</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>91</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>94</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>95</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01 – Vías de acceso a zona de estudio.....	6
Tabla N°02 – Superficie, Altitud, Latitud, Longitud, Otuzco.....	8
Tabla N°03 – Población y Densidad Poblacional Actual y Estimada.....	10
Tabla N°04 - Principales causas de Morbilidad General Otuzco, 2002.....	14
Tabla N°05 – Coeficientes de Fricción de tuberías según tipo.....	20
Tabla N°06 – Coeficientes de Rugosidad de tuberías según tipo.....	20
Tabla N°07 – Clases comerciales de tuberías PVC.....	21
Tabla N°08 – Operacionalización de la variable independiente.....	25
Tabla N°09 – Operacionalización de la variable dependiente.....	25
Tabla N°10 – Cuadro de Población Total, según Provincia – La Libertad 2017...	32
Tabla N°11 – Cuadro de Población Total, según Distrito – La Libertad 2017.....	33
Tabla N°12 – Cuadro Resumen Población (hab.) – Otuzco.....	33
Tabla N°13 – Conteo de locales – Otuzco.....	33
Tabla N°14 – Consumo doméstico para Agua – Otuzco.....	34
Tabla N°15 – Cantidad de Alumnos en las instituciones educativas – Otuzco....	35
Tabla N°16 – Consumo no doméstico de agua – Otuzco.....	35
Tabla N°17 – Cuadro de demanda de producción – Otuzco.....	36
Tabla N°18 – Cuadro de demanda de Almacenamiento – Otuzco.....	37
Tabla N°19 – Cuadro Resumen.....	38
Tabla N°20 – Calculo de las velocidades de flujo en el estanque.....	46
Tabla N°21 – Fórmula y naturaleza de los granos.....	47
Tabla N°22 – Metodología.....	48
Tabla N°23 – Velocidades de escurrimiento.....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 01: Mapa Político de la Provincia de Otuzco.....	5
Figura N° 02: Vía de acceso desde Trujillo hacia la ciudad de Otuzco.....	6
Figura N° 03: Vía de acceso desde Otuzco hacia la captación Urmo.....	7
Figura N° 04: Localización del sector – Otuzco.....	29
Figura N° 05: Planta Topográfica.....	30
Figura N° 06: Planta Topográfica – Quebrada.....	31
Figura N° 07: Emplazamiento de la estructura de bocatoma.....	39
Figura N° 08: Cálculo de la rugosidad en el lecho de la quebrada.....	40
Figura N° 09: Cálculo del caudal en la sección del río elegida.....	41
Figura N° 10: Cálculo del ancho estable para el encausamiento.....	42
Figura N° 11: Cálculo las características hidráulicas del sector encausado.....	43
Figura N° 12: Dimensionamiento de la ventana de captación.....	44
Figura N° 13: Dimensionamiento del canal de derivación.....	44
Figura N° 14: Esquema de desarenador a proyectar.....	45
Figura N° 15: Ajuste de las medidas de la ventana de captación.....	53
Figura N° 16: Modelamiento de la estructura en 3D – AutoCAD Civil3D.....	55
Figura N° 17: Diseño del barraje mediante Software BOCATOMAS.....	56
Figura N° 18: Diseño del barraje mediante AutoCAD Civil 3D.....	58
Figura N° 19: Diseño final de la Bocatoma mediante AutoCAD Civil 3D.....	59
Figura N° 20: Planteamiento del diseño en Flow 3D.....	60
Figura N° 21: Establecimiento del mallado para la estructura.....	61
Figura N° 22: Configuración del caudal de ingreso a la estructura.....	61
Figura N° 23: Configuración de los modelos de turbulencia.....	62
Figura N° 24: Configuración de los parámetros físicos.....	63
Figura N° 25: Cálculo de la estructura.....	63
Figura N° 26: Altura de fluido.....	64
Figura N° 27: Velocidades en la estructura.....	64

Figura N° 28: Esquema en planta y perfil de la Cámara de Carga.....	70
Figura N° 29: Esquema en planta del canal de mezcla rápida.....	73
Figura N° 30: Esquema en planta del Floculador Vertical.....	80
Figura N° 31: Esquema en planta del Decantado.....	87
Figura N° 32: Esquema en planta del sistema de Filtros.....	88
Figura N° 33: Línea de conducción proyectada.....	89
Figura N° 34: Perfil longitudinal – Cámaras rompedoras de presión.....	90
Figura N° 35: Vista en planta – Cámaras rompedoras de presión – Línea de conducción.....	90
Figura N° 36: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua.....	99
Figura N° 37: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua – Otuzco.....	100
Figura N° 38: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua.....	101
Figura N° 39: Informe de Ensayo de Análisis Microbiológicos.....	102
Figura N° 40: Tubería Lisa HDPE.....	103

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N° 01: Plaza de Armas de Otuzco, la Capital de la Fe.....	2
Fotografía N° 02: Calle principal de la ciudad Otuzco.....	2
Fotografía N° 03: Vista panorámica de la ciudad de Otuzco.....	4
Fotografía N° 04: Recorrido al caserío Pachín Alto hacia la quebrada Urmo.....	13
Fotografía N° 05: Vista de quebrada Urmo.....	96
Fotografía N° 06: Captación Urmo.....	96
Fotografía N° 07: Canal de Derivación.....	97
Fotografía N° 08: Canal de Derivación con rejilla oxidada.....	97
Fotografía N° 09: Trayectoria de la tubería existente.....	98
Fotografía N° 10: Toma de muestras de agua en Captación Urmo .....	98

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1. Problema de Investigación**

#### **A. Descripción de la Realidad Problemática**

En el Perú, uno de los mayores desafíos para su gobierno y autoridades, ha sido de proveer de agua potable a su población, sobre todo en los sectores más alejados y donde se evidencia mayor carencia de recursos económicos para abastecerse. Asimismo, al ser lugares de poco acceso, es probable que el gobierno desconozca en su totalidad, la demanda de agua apta para el consumo de la gente de tales sectores. Y en muchos casos, los proyectos existentes ya tienen muchos años de antigüedad desde su ejecución y por lo tanto se ven vulnerables en sus procesos de tratamiento y abastecimiento de agua potable como tal.

En la ciudad de Otuzco, conocida como "Capital de La Fe" debido a su profunda fe religiosa a la Virgen de La Puerta, y ubicada a 2 635 m.s.n.m. a sólo 73 Km. de la ciudad de Trujillo, parece ser como si Dios hubiera bendecido esta tierra, debido a su hermoso paisaje, clima agradable que tiene y amable gente que la habita, sin embargo no ha tenido la suerte de ser aprovechada correctamente, sobre todo en lo que corresponde a satisfacer las necesidades de su población en el tema de saneamiento básico, dado que, a pesar de contar con manantiales como El Fondo, El Cunyac, El Aliso, El Capulí, entre otros, sus autoridades no han puesto énfasis en gestionar proyectos de dotación de agua potable, apta para el consumo de su población, así mismo el de realizar un tratamiento adecuado a sus aguas servidas.

Los barrios San Remigio y el Olivo de la Ciudad de Otuzco, así como algunas calles, siempre tiene interrupciones y carencia de agua potable, dado que el volumen del agua potable es inferior a la demanda de sus habitantes en su distribución, lo que conlleva a que se tenga que buscar otras fuentes de agua para satisfacer la demanda existente en Otuzco.(Municipalidad Distrital de Otuzco, 2018).

**Fotografía N° 01: Plaza de Armas de Otuzco, la Capital de la Fe**



Así mismo, estas periferias urbanas se caracterizan por condiciones urbanas en las que no existen servicios e infraestructura elemental, unido a que no se cumplen las normas básicas de construcción. De igual forma, las condiciones de las periferias urbanas presentan riesgos naturales diversos como inundaciones, derrumbes, sismos, etc. que unidas a construcciones que no cumplen las normas básicas, conforman condiciones propicias para la ocurrencia de desastres. (Cárdenas, Roperó. 2017).

**Fotografía N° 02: Calle principal de la ciudad Otuzco, la Capital de la Fe**



El artículo 195º de la Ley Nro. 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades; dispone que los gobiernos locales tienen competencia para planificar el desarrollo urbano y rural de sus circunscripciones, incluyendo la zonificación, urbanismo y el acondicionamiento territorial; además de desarrollar y regular actividades y/o servicios en materia de educación, salud, vivienda, saneamiento, medio ambiente, sustentabilidad de los recursos naturales, transporte colectivo, circulación y tránsito, turismo, conservación de monumentos arqueológicos e históricos, cultura, recreación y deporte, conforme a ley (Ley Orgánica de Municipalidades.2017).

Es atribución de los gobiernos locales emitir normas técnicas generales en materia de organización del espacio físico y uso de suelo, es función específica de las municipalidades el Planeamiento Integral del Desarrollo Local y el Ordenamiento Territorial, en el nivel provincial y distrital, en conformidad al Artículo 73º: Materias de Competencia Municipal; del Capítulo I: Las Competencias y Funciones Específicas Generales; del Título V: Las Competencias y Funciones Específicas de los Gobiernos Locales, de la Ley Nro. 27972 – Ley Orgánica de Municipalidades;(Ley Orgánica de Municipalidades)

El crecimiento espacial de las ciudades está estrechamente relacionado con el dinamismo de las actividades económicas que inciden en la estructuración de las áreas de expansión urbana, como también en la mayor especialización y extensión del área central. Si bien los efectos son mucho más moderados que en las grandes metrópolis, en las ciudades intermedias este proceso lleva a la incorporación de nuevas áreas a la trama urbana consolidada (Cárdenas, R. 2017.).

El debate sobre la densidad y extensión de las ciudades, la forma y sustentabilidad urbanas cobra cada vez más relevancia. No se trata solo de una preocupación ambiental, sino también se cuestiona la calidad de vida, las condiciones de equidad social y las implicancias económicas que estas formas de urbanización suponen. En definitiva, es importante evaluar si, dado un crecimiento poblacional determinado es

mejor que este ocupe el suelo de manera razonablemente compacta o, por el contrario, de forma extensa y con baja densidad. (Trivelli, P. 2016).

Ante esta problemática, es importante darle atención al Diseño hidráulico de una captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable, apta para el consumo humano, en la ciudad de Otuzco - La Libertad y contribuir a elevar la calidad de vida y de la salud de los pobladores de la Ciudad de Otuzco.

**Fotografía N° 03: Vista panorámica de la ciudad de Otuzco, la Capital de la Fe**



## **Aspectos Generales**

### **Localización Geográfica del Área en estudio**

- Región: La Libertad
- Provincia: Otuzco
- Capital: Otuzco
- Región Natural: Sierra
- Superficie: 444.13 Km<sup>2</sup>
- Altitud: 2641 m.s.n.m.

Distancia a la capital del departamento: 76 Km.

Se encuentra ubicada en la zona andina de La Libertad entre las coordenadas Geográficas: Latitud Sur: 7°54'10" y Latitud Oeste de Greenwich: 78°34'20".

El distrito de Otuzco tiene como límites:

- Por el Norte: con la provincia Gran Chimú
- Por el Sur: con los distritos de Agallpampa y Salpo
- Por el Este: con los distritos Huaranchal, Usquil y Charat.
- Por el Oeste: con los distritos de Sinsicap, La Cuesta y con la Provincia de Trujillo.

**Figura N° 01: Mapa Político de la Provincia de Otuzco**



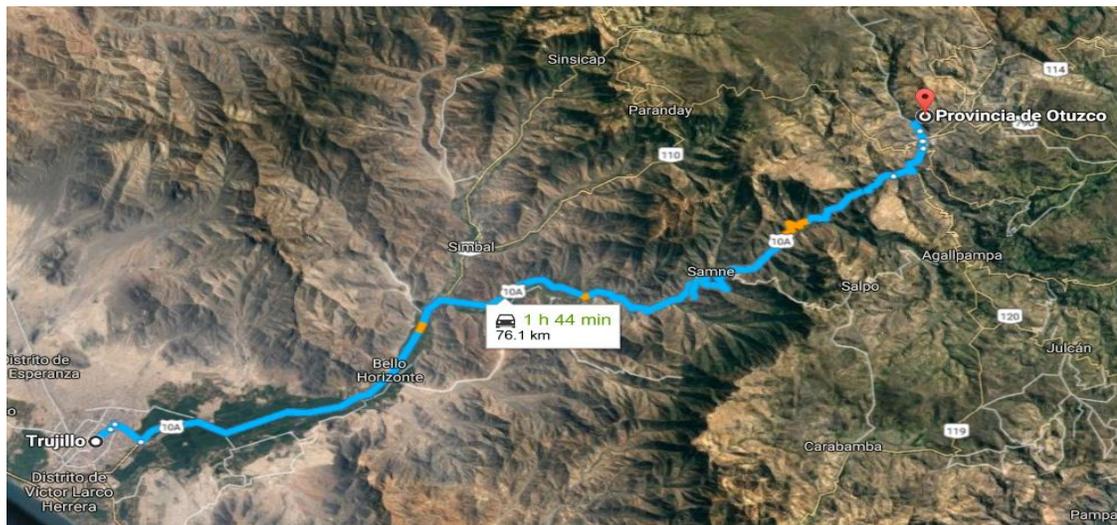
### Vías de Acceso al Área de Estudio

Tabla N°01 – Vías de acceso a zona de estudio

Recorrido (Desde – Hasta)	Distancia (Km.)	Tiempo (Horas)	Tipo de Carretera
Trujillo – Otuzco	76	1.75	Asfalto
Otuzco – Pachín Alto	7	0.50	Trocha Carrozable
Pachín Alto – Manantial Urmo	3	0.50	-
<b>Total:</b>	<b>86</b>	<b>2.75</b>	

El principal acceso para el distrito de Otuzco lo constituye la carretera que va desde el distrito del Porvenir pasando por los distritos de Laredo, Shirán, Samne y finalmente Otuzco (Plaza principal), tal recorrido en aproximadamente 01 hora con 45 minutos, viajando en diversas líneas de transporte público, los cuales se pueden tomar desde los paraderos ubicados en la prolongación Unión en la ciudad de Trujillo. La vía asfaltada Laredo – Samne – Otuzco, se encuentra en buen estado de conservación.

Figura N°02: Vía de acceso desde Trujillo hacia la ciudad de Otuzco



De la ciudad de Otuzco hasta el caserío Pachín Alto, zona en la que se ubica el manantial en estudio, en vehículo toma un tiempo de 30 minutos aproximadamente, pasando por una trocha carrozable en regular estado.

Sin embargo, llega a un punto donde es de difícil acceso ingresar con vehículos, por lo que se debe caminar alrededor de 30 minutos para poder llegar hasta el manantial Urmo.

**Figura N°03: Vía de acceso desde Otuzco hacia la captación Urmo**



### **Clima**

La ciudad de Otuzco posee un clima templado con una temperatura media anual de 11°C a 12°C, presentando variaciones en el día y la noche. Las Lluvias son estacionales, se producen en forma irregular, durante los meses de Setiembre a Noviembre; a partir de Diciembre son copiosas y torrenciales, durando hasta el mes de marzo y algunas veces hasta el mes de Abril.

Las principales características de la zona de estudio son las siguientes:

- Temperatura Media en el Día: 20.5°C
- Temperatura Media en la noche: 6.7°C
- Lluvias estacionales: Noviembre - Abril
- Precipitación Prom Anual: 190-1300ml
- Humedad Relativa: 67.6%
- Época de estiaje: Junio – Septiembre

### Topografía

La presencia de la cordillera occidental de los andes origina que la topografía de la zona tenga un relieve variado. La topografía de la localidad presenta un territorio accidentado con algunas planicies fértiles protegidas por cerros y ubicadas a distintas alturas, con pendientes promedios del 10 al 30%., presenta quebradas, estrechos, barrancos y desfiladeros.

La altitud promedio en la zona del centro poblado se encuentra a 2641 m.s.n.m.

**Tabla N°02 – Población y Densidad Poblacional Actual y Estimada**

<b>Distrito</b>	<b>Superficie (Km2)</b>	<b>Altitud (M.s.n.m.)</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Agallpampa	258.56	3,117	07°58'54"	78°32'33"
Charat	68.89	2,268	07°49'12"	78°26'47"
Huaranchal	149.65	2,180	07°41'12"	78°26'21"
La Cuesta	39.25	1,874	07°54'54"	78°42'12"
Mache	37.32	3,300	08°01'36"	78°31'57"
Otuzco	444.13	2,641	07°53'54"	78°33'45"
Paranday	21.46	3,141	07°52'45"	78°42'23"
Salpo	192.74	3,439	07°59'59"	78°36'09"
Sinsicap	452.95	2,284	07°50'51"	78°45'06"
Usquíl	445.82	3,018	07°48'46"	78°24'25"

### **Tipos de Suelo de la zona**

La Superficie agrícola del Distrito de Otuzco está constituida por una Superficie total de 444,13 km<sup>2</sup>.

De lo anterior se puede deducir que, del total de tierras con aptitud agrícola, la cantidad de tierras bajo riego, representan cantidades bajas respecto al total, lo que significa que existe gran potencial de tierras a ser incorporadas a la actividad agrícola.

De acuerdo al estudio de suelos, los estratos del suelo presentan una capa de material de relleno suelto, conformado por suelo orgánico y suelo agrícola en estado húmedo en capas de 0 – 0.20 m. De 0.20 a 1.50m se presenta una capa de gravas pobremente graduada con arcillas GP-GC, de compacidad media, de poca a regular humedad, acompañada de ciertas piedras conforme nos vamos profundizando. No se nota la presencia del Nivel de Aguas Freáticas a la profundidad explorada, con excepción de unas de las vías que colinda con la plaza de armas.

Los suelos existentes en la zona en cuestión, son adecuados para cultivos de papa y en menores proporciones de trigo, maíz, oca, olluco y cebada.

### **Aspectos Demográficos**

El Distrito de Otuzco cuenta con una población de 27,257 habitantes (Proyección al 2015, INEI, 2007), además tiene una densidad poblacional de 61 habitantes por kilómetro cuadrado.

Tabla N°03 – Población y Densidad Poblacional Actual y Estimada

Distrito	Población estimada al 2015		Densidad	Población estimada al 2021		Densidad
	(Habitantes)	%	(habitantes por kilómetro cuadrado)	(Habitantes)	%	(habitantes por kilómetro cuadrado)
Otuzco	27,257	29.72	61	28,276	30.73	64
Agallpampa	9,859	10.75	38	9,692	10.53	37
Charat	2,847	3.10	41	2,557	2.78	37
Huaranchal	5,077	5.54	34	4,955	5.39	33
La Cuesta	687	0.75	18	653	0.71	17
Mache	3,112	3.39	83	2,971	3.23	80
Paranday	730	0.80	34	739	0.80	34
Salpo	6,142	6.00	33	5,745	6.24	30
Sinsicap	8,619	9.40	19	8,717	9.47	19
Usquil	27,383	29.86	61	27,709	30.11	62
<b>Otuzco Provincia</b>	<b>91,713</b>	<b>100</b>	<b>44</b>	<b>92,014</b>	<b>100</b>	<b>44</b>

Fuente: INEI; Elaboración: Propia

### Características Del Desarrollo Económico - Agricultura

La producción agrícola es en ciertas temporadas del año debido a la falta de recursos hídricos para el riego de los terrenos. Debido a la naturaleza de las precipitaciones anuales sólo permite una cosecha anualmente. Se basa principalmente en la producción de tubérculos, cereales y gramíneas como son papa, oca, olluco, yuca, camote, maíz, trigo, cebada, lenteja, arveja, lino y hortalizas, además de la producción de frutales como son: palta, chirimoya, naranja, lima, granadilla, guabas, entre otros. La actividad agrícola es autogestionaria, lograda a base de las posibilidades económicas y esfuerzo de cada agricultor utilizando semillas que no han sido mejoradas genéticamente y con poco uso de fertilizantes para el logro de una óptima producción. Las técnicas

han mejorado, pero no hay difusión de estos conocimientos técnicos, ni proyectos de represamiento, reforestación, canales de irrigación, etc, que lograrían impulsar la producción agropecuaria. (Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de Otuzco, 2004).

### **Descripción de la Situación Actual**

Actualmente la ciudad de Otuzco cuenta con 02 sistemas de agua Potable existentes los cuales provienen de los caseríos de Pachín Alto y Chota, y fueron construidos en los años 80 y 2000 respectivamente.

Durante el periodo de nuestra investigación, realizamos visitas de campo al caserío Pachín Alto ya que es el que más años de antigüedad tiene en comparación con su similar los cuales con el paso de los años, asimismo el no tener un correcto mantenimiento, su conservación se ha visto comprometida con daños materiales notorios, teniendo como efecto colateral el colapso de sus redes en ciertos tramos, quedando obsoletos, así mismo la molestia de su población al no cubrirse la demanda de agua en horas punta.

Entrevistamos a cierto grupo de la población y tenientes gobernadores de los caseríos mencionados, con el fin de averiguar si estos sistemas de abastecimiento cuentan con un mantenimiento frecuente, o en todo caso, si hay alguna persona responsable de verificar el correcto funcionamiento y control, para así satisfacer la demanda de la población actual.

Se pudo contrastar que, el sistema de agua potable de Chota sí cuenta con un control y mantenimiento frecuente, además de que cuentan ya con una planta de tratamiento de agua potable; a comparación del sistema de Pachín Alto, cuyos pobladores

aseguran que, a la fecha, no existe ningún encargado de verificar y dar el mantenimiento debido de sus estructuras.

Ante tal problemática, nos dirigimos hasta el caserío de Pachín Alto, como parte de nuestra investigación y reconocimiento de su situación, haciendo un recorrido a lo largo de la Puna identificando sus estructuras existentes y el estado en que se encuentran, hasta llegar a la quebrada Urmo.

En dicho recorrido, identificamos 03 cámaras rompe presión las cuales se encontraban en mal estado, en una de ellas el tubo de rebose estaba atorado, y los pobladores no daban razón de quién daba el mantenimiento a dichas estructuras.

Asimismo, se identificaron tuberías a nivel de la superficie las cuales se ven comprometidas a daños materiales, ya que los pobladores realizan sus sembríos a lo largo de la línea de conducción, y por tanto se encontraron picadas en ciertos tramos filtrándose el agua que está destinada para el consumo de la población.

En tal caso, podemos darnos cuenta que al verse expuesta estas tuberías, la calidad del agua se ve comprometida por la contaminación con agentes patógenos y por consiguiente poner en riesgo la salud de la población.

**Fotografía N°04: Recorrido desde el caserío Pachín Alto hacia la quebrada Urmo**



Un dato importante a considerar es que, En el año 2002 se registraron más de mil doscientos casos de enfermedades infecciosas y parasitarias, por encima de los casos de enfermedad al sistema digestivo, ambas con alta probabilidad de ser originadas debido al consumo de agua no apta en la ciudad de Otuzco.

El agua con que cuenta, según los análisis y los informes remitidos por la DIGESA y DESA LL, indicaban que contenía hierro y plomo que sobrepasaban los límites permisibles especificados en la norma técnica peruana para agua de consumo humano. (Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de Otuzco, 2004).

**Tabla N°04 - Principales causas de Morbilidad General Otuzco, 2002**

<b>N°</b>	<b>Grupo de Enfermedades</b>	<b>N°</b>	<b>%</b>
1	Enfermedades respiratorias	1854	26.88%
2	Enfermedades infecciosas y parasitarias	1264	18.32%
3	Enfermedades del sistema digestivo	1217	17.64%
4	Síntomas, signos y hallazgos anormales	391	5.67%
5	Enfermedades del sistema genitivo-urinario	349	5.06%
6	Traumatismos y envenenamientos	319	4.62%
7	Enfermedades endocrinas y nutricionales	292	4.23%
8	Enfermedades de la piel y tejido subcutáneo	252	3.65%
9	Enfermedades del sistema osteomuscular	237	3.44%
10	Transtornos mentales	207	3.00%
11	Otras causas	516	7.48%
<b>Total</b>		<b>6898</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Of. de estadística e informática del Hospital de Otuzco, 2002.

## **B. Formulación del problema**

¿Cuál será el diseño hidráulico para las estructuras de captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Otuzco, La Libertad, 2018?

### **1.1. Objetivos de la investigación**

#### **1.1.1. Objetivo general**

Realizar el diseño hidráulico de las estructuras de captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Otuzco - La Libertad, 2018

#### **1.1.2. Objetivos específicos**

- Evaluar el resultado de un análisis físico-químico bacteriológico del agua de la nueva fuente de captación.

- Proponer el diseño de la nueva planta de tratamiento del agua para que sea apta para el consumo humano para los pobladores de la Ciudad de Otuzco.
- Evaluar el desempeño hidráulico de las estructuras a proyectar mediante un modelamiento numérico.
- Elaborar los planos en CAD del sistema de agua potable propuesto.

## **1.2. Justificación del estudio**

Este proyecto se justifica porque el propósito central de esta investigación es dar solución a la falta y escasez de agua potable, que, a pesar de la mínima cantidad de agua potable existente en la ciudad, no están bien tratada porque solamente utilizan cloro para dicho tratamiento.

En tal caso, nuestro trabajo de investigación permitirá conocer el volumen de la nueva fuente de captación, así como también el análisis físico-químico y bacteriológico del agua proveniente de la fuente de captación, para así posteriormente proponer una planta de tratamiento que permita entregar a la población el agua potable debidamente bien tratada que beneficiará la calidad y salud de la vida de los habitantes y turistas de la ciudad de Otuzco.

## **II. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del estudio**

Córdova, P. & Linares, C. (2016) en su investigación “Propuesta de obras hidráulicas para el sistema captación, conducción y distribución de agua para el sector menor de riego de la comunidad campesina de Pasambara-Santiago de Chuco”, desarrolló una estructura de captación conformada por barraje mixto de longitud de 30m: un barraje de concreto tipo Greager y una compuerta metálica de 1.00 X 1.30m, con altura de barraje de 1.30m y muros de encauzamiento de 4.10m de altura, para un caudal máximo de 214.14 m<sup>3</sup> /s y un caudal de derivación de 616 l/s, un desarenador y canal de conducción de sección rectangular y trapezoidal con sus obras de arte,

con una longitud total de 3296 ml de estructuras de conducción. El principal aporte al trabajo de investigación es disminuir las pérdidas del recurso hídrico e incrementar la eficiencia de conducción del 35% a 65%, asimismo garantizar la dotación de agua para uso agrícola y pecuario de la zona, y la construcción de la infraestructura de riego para incorporar mayor extensión de tierras aptas para cultivo.

Jara, F. & Santos, K. (2014) en su investigación “Diseño de abastecimiento de agua potable y el Diseño de alcantarillado de las localidades: El Calvario y Rincón de Pampa Grande del Distrito de Curgos – La Libertad”, se propuso la construcción e instalación del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado, implementación de una Unidad de Administración del Servicio, capacitación al Personal Operativo y Educación Sanitaria, para lo cual desarrolló el diseño del sistema en base a la fórmula de Hazen – William. La investigación llegó a los siguientes resultados: en cuanto a las redes secundarias de distribución del agua potable se aprecian tuberías de 2" de diámetro, inferior al mínimo de 3/4" recomendado por el R.N.E que se justifica por el cumplimiento de las pérdidas de carga y presiones, además los gastos en materiales disminuyen; con la infraestructura de saneamiento proyectada se logrará elevar el nivel de vida y las condiciones de salud de cada uno de los pobladores, así como el crecimiento de cada una de las actividades económicas; de ahí que si el presente proyecto llegase a ser ejecutado se habrá contribuido en gran manera para este de los Caseríos de Pampa Grande y el Calvario den un paso importante en su proceso de desarrollo.

Díaz, M. & Vargas, C. (2015) en su investigación “Diseño del sistema de agua potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, distrito de Cochorco, Provincia de Sánchez Carrión aplicando el método de Seccionamiento”, desarrolló el cálculo de la red de agua usando hojas de cálculo Excel y el software EPANET. La investigación llegó a los siguientes

resultados: con la infraestructura de agua potable proyectada se logra elevar el nivel de vida y las Condiciones de salud de cada uno de los pobladores.

## **2.2. Marco Teórico**

### **2.2.1. En cuanto al abastecimiento:**

- A fin de definir la o las fuentes para el sistema, se deben realizar los estudios que incluyen identificación de fuentes alternativas, ubicación geográfica, topografía, rendimientos mínimos, variaciones anuales, análisis físico-químico y bacteriológico y descripción de la zona de recarga de la fuente.
- La(s) fuente(s) de abastecimiento a utilizarse en forma directa o con obras de regulación, deben asegurar el caudal máximo diario para el periodo de diseño.
- La calidad de agua de la fuente, debe satisfacer los requisitos establecidos en la legislación vigente.
- Fórmula de Hazen Y Williams. - Para el cálculo de fluidos que se encuentran en tuberías a presión cerradas.
- Método para el cálculo de la población de diseño:
  - ✓ Método Geométrico
  - ✓ Método Aritmético
- Norma técnica de abastecimiento de agua y saneamiento para poblaciones rurales y urbanas marginales del ministerio de salud del Perú.
- Ley General de Aguas según la tradición histórica peruana y la constitución vigente, las aguas pertenecen al Estado y su dominio es inalienable e imprescriptible, por lo cual se necesita la autorización del uso justificado y racional de este recurso en armonía con el interés social y el desarrollo del país.
- Reglamento Nacional de Edificaciones Obras de Saneamiento
  - ✓ OS.010 Captación y conducción de agua para consumo humano

- ✓ OS.020 Plantas de tratamiento de agua para consumo humano
- ✓ OS.030 Almacenamiento de agua para consumo humano
- ✓ OS.040 Estaciones de bombeo de agua para consumo humano
- Uso del software de Dibujo y Topografía CivilCad 3D.
- Uso del Software para el cálculo de red de agua - WaterCAD realizando una comparación según formula Hazen-Williams VS Darcy-Weisbach.
- Modelación y simulación del Diseño hidráulico con el software Epanet.

### **2.2.1.1. Componentes de un Sistema de Abastecimiento de agua**

- **Captación:** Norma OS. 0.10 Captación y Conducción de agua para consumo humano.

Las obras de captación de aguas superficiales se deben diseñar para obtener el caudal de las condiciones requeridas, reduciendo al mínimo los costos de operación y mantenimiento; para este efecto se debe seleccionar materias que garanticen su vida útil, dimensionando sus elementos estructurales a fin de obtener costos de construcción razonables.

El diseño de la obra de captación de aguas superficiales debe asegurar que el caudal extraído sea necesario de acuerdo a los requerimientos para esa fuente; en los casos en que la fuente de abastecimiento seleccionada sea intermitente, su utilización debe estar asociada a la construcción o existencia de un embalse de regulación. Se debe determinar el caudal máximo, el volumen y la frecuencia de las crecidas, a fin de evaluar los efectos destructivos de éstas y planificar medidas de diseño adecuadas a esta eventualidad. Las obras de captación se deben diseñar para resistir una crecida de periodo de retorno mayor o igual que 100 años.

El diseño de las obras de captación debe contemplar estructuras para el alivio o descarga de las mismas. Se deben determinar los medios para evitar la entrada de materiales o cuerpos extraños. Se debe disponer la instalación de un desarenador a continuación de la obra de captación cada vez que se considere necesario. Además, se debe disponer los medios de limpieza y control de los caudales de captación del desarenador y la aducción. De todas maneras, la estructura de captación se debe proyectar de modo que las instalaciones funcionen con el mínimo de mantenimiento.

➤ **Línea de conducción:** Norma OS. 0.10 Captación y Conducción de agua para consumo humano.

Serán diseñadas para conducir el caudal máximo diario y estará comprendida desde la captación hasta la planta de tratamiento o reservorio.

El diámetro nominal mínimo de la línea de conducción debe ser de 20mm; El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1 m.

La velocidad deberá estar entre 0.6 m/seg y 3 m/seg.

En caso de sistemas donde no se disponga de reservorio, la línea de conducción se diseñará para el caudal máximo horario.

**Conducción por Gravedad**

El cálculo del diámetro de la tubería se hará utilizando métodos racionales.

Para tuberías que trabajen a presión, se recomienda la fórmula de Hazen y Williams, con los siguientes coeficientes de fricción:

**Tabla N°05 – Coeficientes de Fricción de tuberías según tipo**

Fierro galvanizado	100
PVC	150

Para tuberías que trabajen como canal se recomienda la fórmula de Manning, con los siguientes coeficientes de rugosidad:

**Tabla N°06 – Coeficientes de Rugosidad de tuberías según tipo**

PVC	0.009
Concreto	0.015

La velocidad mínima de auto limpieza no será menor de 0.60 m/s.

La velocidad máxima recomendada será de 3 m/s, pero pueden aceptar velocidades de hasta 5m/s siempre que no transporten material fino.

Se instalarán válvulas de aire y de purga en los puntos más elevados y en los puntos bajos de la línea, y cuando la línea tenga longitudes largas con una pendiente mínima, la válvula de purga se instalará en el punto más bajo.

Se considerará la instalación de cámaras rompe presión para evitar que la presión estática en la línea supere la presión de trabajo de la tubería.

Las clases de tubería a seleccionarse estarán definidas por las máximas presiones que ocurran en la línea representada por la línea de carga estática. Para la selección se debe considerar una tubería que resístala presión más elevada que pueda producirse, ya que la presión máxima no ocurre bajo condiciones de operación, sino cuando se presenta la presión estática, al cerrar la válvula de control en la tubería.

En la mayoría de los proyectos de abastecimiento de agua potable para poblaciones rurales se utilizan tuberías de PVC. Este material tiene ventajas comparativas con relación a otro tipo de tuberías: es económico, flexible, durable, de poco peso y de fácil transporte e instalación; además, son las tuberías que incluyen diámetros comerciales menores de 2 pulg y que fácilmente se encuentran en el mercado. En la tabla N°03 se presentan las clases comerciales de tuberías PVC con sus respectivas cargas de presión.

**Tabla N°07 – Clases comerciales de tuberías PVC**

CLASE	PRESIÓN MÁXIMA DE PRUEBA (m.)	PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO (m.)
5	50	35
7.5	75	50
10	105	70
15	150	100

- **Planta de Tratamiento de agua potable:** Norma OS 0.20 Plantas de Tratamiento de agua para consumo humano. Se denomina estación de tratamiento de agua potable (frecuentemente abreviado como ETAP), o estación potabilizadora de agua (EPA), al conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua, pero todas deben cumplir los mismos principios:
  - a) Combinación de barreras múltiples (diferentes etapas del proceso de potabilización) para alcanzar bajas condiciones de riesgo.

- b) Tratamiento integrado para producir el efecto esperado.
- c) Tratamiento por objetivo (cada etapa del tratamiento tiene una meta específica relacionada con algún tipo de contaminante).

Si no se cuenta con un volumen de almacenamiento de agua potabilizada, la capacidad de la planta debe ser mayor que la demanda máxima diaria en el periodo de diseño. Además, una planta de tratamiento debe operar continuamente, aun con alguno de sus componentes en mantenimiento; por eso es necesario como mínimo dos unidades para cada proceso de la planta.

- **Reservorio o tanque de almacenamiento:** Norma de Concreto Armado E. 0.60 y Norma de almacenamiento de agua para consumo humano OS. 0.30.
- **Línea de aducción y redes de distribución:** Norma OS. 0.10 Captación y Conducción de agua para consumo humano.

### **2.2.2. En cuanto a la Mecánica de Suelos:**

- ✓ Norma E. 050 de suelos y cimentaciones.
- ✓ Clasificación de suelos según SUCS
- ✓ Capacidad portante del suelo según utilizado la fórmula de Karl Terzaghi.
- ✓ Ensayos Estándar y Especiales de Laboratorio para definir las características y parámetros de resistencia del Suelo de zanjas de Cimentación.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Contenido de Humedad.

- ✓ Límites de Atterberg.
- ✓ Densidad Natural.
- ✓ Densidad In Situ con Cono de Arena.
- ✓ Ensayo de Corte Directo.

### **2.2.3. En cuanto a la Topografía:**

- Levantamiento topográfico longitudinal de la franja donde va a quedar emplazada la obra tanto en planta y elevación (planimetría y altimetría simultáneamente).
- Uso del software topográfico AutoCAD Civil 3D para obtener el perfil del terreno.

## **2.3. Marco Conceptual**

**2.3.1. Diseño Hidráulico:** Con el diseño hidráulico se determinan los componentes, dimensiones de la red y funcionamiento de la instalación de riego, de tal manera que se puedan aplicar las necesidades de agua al cultivo en el tiempo que se haya establecido, teniendo en cuenta el diseño agronómico previamente realizado.

**2.3.2. Captación de Agua:** La captación de agua de lluvia (RWH por sus siglas en inglés) es una técnica de recolección y almacenamiento de agua pluvial en tanques o en embalses naturales o de infiltración de aguas superficiales en yacimientos acuíferos antes de que se pierda en escorrentía superficial.

**2.3.3. Línea de Conducción:** La línea de conducción es un sistema de abastecimiento de agua potable por gravedad o bombeo. Donde tuberías transportan agua desde donde se encuentra en estado natural hasta un punto que puede ser un tanque de almacenamiento, reservorio o una planta potabilizadora mediante conjunto de ductos y accesorios.

**2.3.4. Planta de Tratamiento:** Una planta o estación de tratamiento de agua potable (ETAP) es un conjunto de estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano.

**2.3.5. Agua Potable:** Llamamos agua potable al agua que podemos consumir o beber sin que exista peligro para nuestra salud. El agua potable no debe contener sustancias o microorganismos que puedan provocar enfermedades o perjudicar nuestra salud.

**2.3.6. Abastecimiento de agua:** Suministro de agua potable a una comunidad, que incluye las instalaciones de depósitos, válvulas y tuberías.

## **2.4. Sistema de Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El diseño hidráulico corresponderá a una fuente de captación desde la quebrada Urmo con un caudal de 80 lts/seg, una línea de conducción de 7km, y una Planta de Tratamiento que contenga una estructura de mezcla rápida, floculador vertical, decantador, sistema de filtros y de desinfección.

### **2.4.2. Variables: Operacionalización de la variable**

#### **Dependiente (V.D)**

Agua potable de la ciudad de Otuzco.

#### **Independiente (V.I)**

Diseño hidráulico de captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable.

### 2.4.3. Operacionalización de las Variables:

Tabla N°08 – Operacionalización de la variable independiente

<b>Variable Independiente:</b> Diseño hidráulico de captación, línea de conducción y planta de tratamiento de agua potable			
<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Instrumento de Investigación</b>
Diseño de la Captación	- Selección de la fuente de captación - Caudal de la fuente	- Hectáreas - m <sup>3</sup> /s	- Plano topográfico - Aforo - Cronómetro - Modelo numérico computacional
Diseño de la línea de Conducción	- Determinación del diámetro de la Tubería - Caudal de diseño - Determinación de la pérdida de carga	- Pulgadas - m <sup>3</sup> /s - m.c.a.	- Hojas de cálculo - Programa Watercad
Diseño de la Planta de Tratamiento de Agua Potable	- Análisis Bioquímico del agua del manantial -Caudal de diseño	- Grado de Ph - Cantidad de material sólido - m <sup>3</sup> /s	- Medidor de Ph Digital - Ficha de campo - Hojas de cálculo

Tabla N°09 – Operacionalización de la variable dependiente

<b>Variable Dependiente:</b> Agua potable de la ciudad de Otuzco			
<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de Medida</b>	<b>Instrumento de Investigación</b>
Demanda de agua	- Población	- Habitantes	- Reporte de INEI

	- Productos de cultivo - Caudal de demanda	- Unidad - m <sup>3</sup> /s	- Encuestas - Hojas de cálculo
Calidad del agua potable	- Determinación de la calidad del agua tratada	- Grado de Ph	- Medidor de Ph Digital

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

##### 3.1.1. Por el Propósito

Investigación Aplicada: Debido a que utiliza conocimientos adquiridos que dependen de los resultados y avances aplicados de un marco teórico.

##### 3.1.2. Por la clase de medios utilizados para obtener los datos

Investigación de Campo: Se apoya en informaciones provenientes de entrevistas, noticieros e investigaciones, realizados para este estudio.

##### 3.1.3. Por el nivel de conocimientos que se adquieren

Investigación Descriptiva y correlacional: Debido a que no altera la realidad solo la detalla y relaciona ambas variables.

#### 3.2. Población y muestra

##### 3.2.1. Población

La población en la Provincia de Otuzco corresponde a los 91,913 habitantes que la conforman.

$$N= 91,913 \text{ habitantes}$$

##### 3.2.2. Muestra

Asimismo, la muestra corresponde a toda la población del Distrito de Otuzco que la constituye (27,164 habitantes).

$$n=27,164 \text{ habitantes}$$

### **3.3. Diseño de investigación**

Diseño de Investigación de Campo, cuasi experimental.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de Investigación**

#### **3.4.1. Técnicas**

- a) Levantamiento topográfico sector correspondiente a la quebrada Urmo, y la línea de conducción existente con un tramo total de 6.273 Km.
- b) Recolección de datos de los caudales correspondientes a la quebrada Urmo.
- c) Análisis bacteriológico del agua y determinación del contenido de coliformes.
- d) Análisis estadísticos de la población actual y proyección para una frontera de 20 años.

#### **3.4.2. Instrumentos**

- a) Estación Total R500xSeries
- b) Prisma de 4m de altura
- c) Wincha o distanciómetro
- d) Instrumentos de laboratorio químico, fenolftaleína y excipientes
- e) Fichas estadísticas
- f) Regla o mira de Teodolito
- g) Nivel de Ingeniero

### **3.5. Procesamiento y análisis de datos**

#### **3.5.1. Técnicas de Análisis**

- Para el análisis de estudios topográficos, se tomará la data obtenida en el campo, procesándola mediante el software CIVIL 3D 2018, con la finalidad de digitalizar la información del terreno y obtener secciones transversales y perfil topográfico del cauce del río en estudio.
- Para el análisis de las estructuras Hidráulicas se ha empleado el programa Flow3D, que consiste en el modelamiento numérico tridimensional en cada uno de los elementos de dicha estructura, por ejemplo, se ha empleado en la Bocatoma.

- Para el análisis del planteamiento de la Línea de Conducción se ha empleado el Software WaterCAD, mediante el cual se ha analizado las tuberías, las presiones, las velocidades requeridas para tener una Línea de Conducción eficiente, en el cual también se han agregado las cámaras rompedoras de presión con la finalidad de no exceder las presiones establecidas por la resistencia nominal de cada una de las tuberías según el manual.

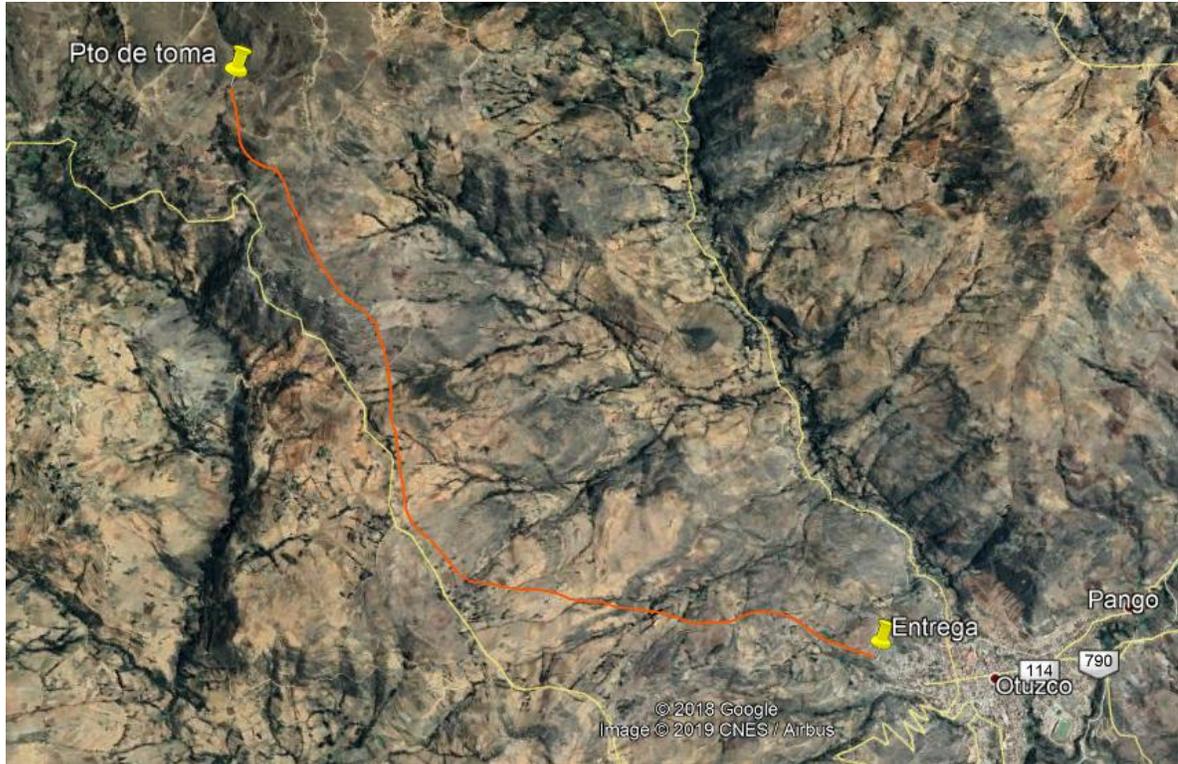
### **3.5.2. Procesamiento de Datos**

- Hojas de cálculos y resultados
- Programa Watercad para la simulación y diseño del sistema hidráulico a proponer.
- Tablas de tipos y diámetros de tuberías.
- Programa Flow3D para la simulación computacional de fluidos.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Figura N°04: Localización del sector - Otuzco

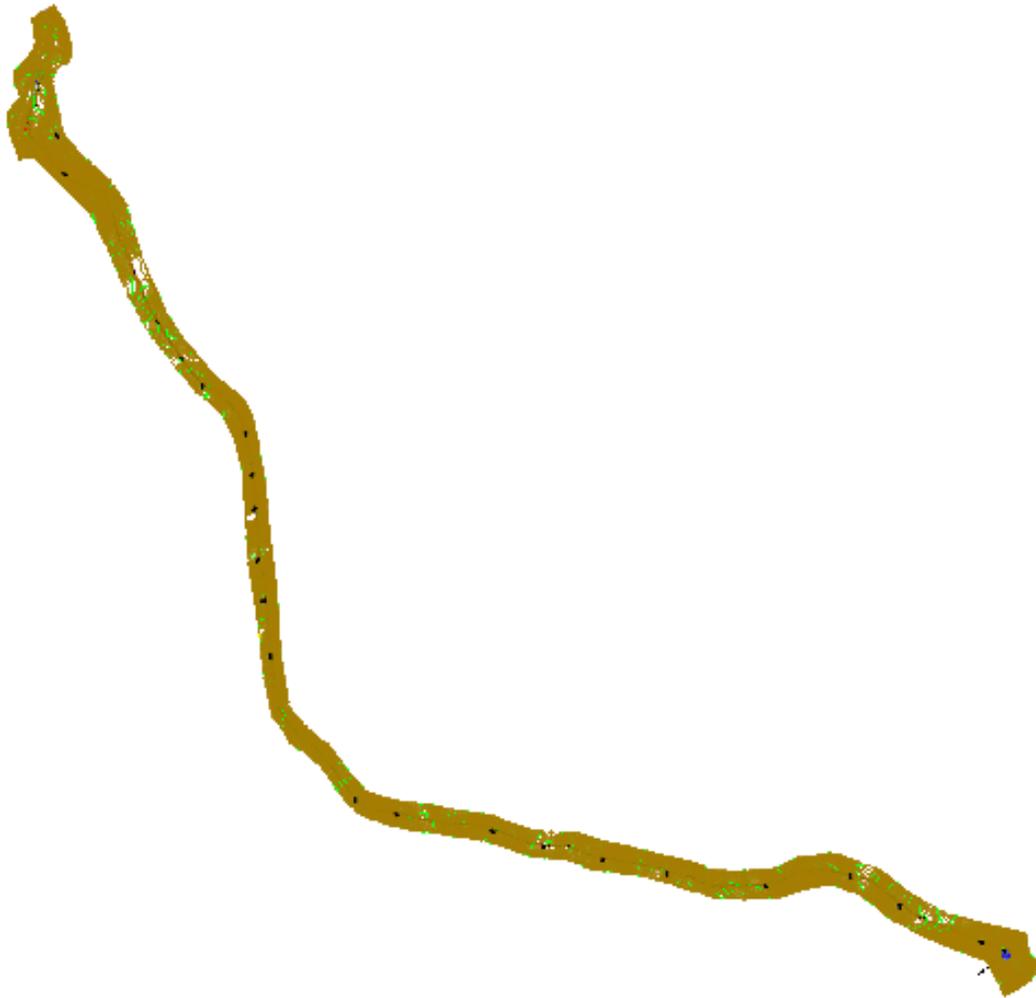


Fuente: Google Earth

Para la topografía, se solicitó a la municipalidad provincial de Otuzco, puesto que ya existe una línea de toma de agua existente, que extrae caudal de la quebrada ubicada en la parte noroccidental de la provincia que lleva el mismo nombre, de color naranja se señala la línea de conducción existente que no satisface los requerimientos actualmente dados debido al crecimiento demográfico de la ciudad.

Cabe resaltar que la línea existente tiene una longitud de 6.23 Km de recorrido y que además no ha tenido ni se ha llevado acabo el mantenimiento correcto de la red, por lo tanto existen tramos que están deteriorados y que requieren de cambio, no obstante en nuestra investigación sugerimos la revisión de toda la tubería antes de realizar el empalme con la nueva proyectada, con la finalidad de no tener problemas al momento de llevar al sistema en conjunto a su máxima eficiencia por gasto (l/s), ya que se asume que las tuberías se encuentran limpias y libres de sedimento que las obstruya bajo ninguna circunstancia.

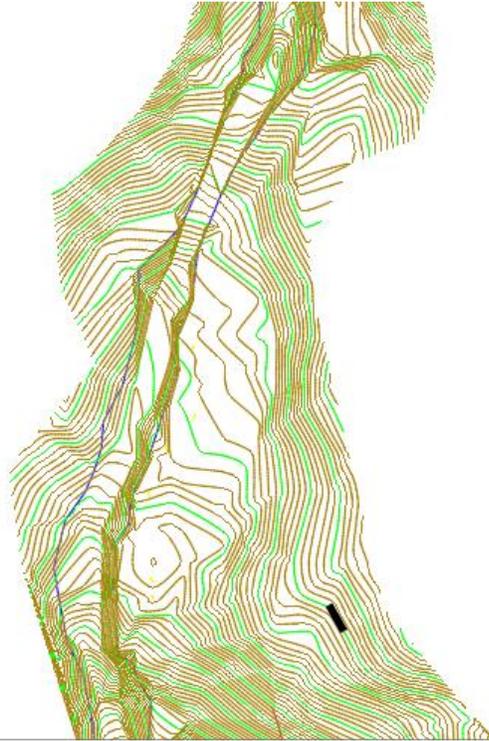
**Figura N° 05: Planta Topográfica**



**Fuente: Municipalidad Provincial de Otuzco**

La municipalidad provincial de Otuzco nos brindó topografía producto de proyectos anteriores elaborados y ejecutados por gestiones anteriores en la zona, nosotros compilamos dicha información y construimos la superficie necesaria para la realización de nuestra investigación y, además, dicho relieve topográfico nos es indispensable para la realización de los modelos numéricos requeridos y la localización del emplazamiento de las estructuras hidráulicas que sean necesarias. Del plano topográfico en planta podemos resaltar que se trata de una topografía con un relieve muy escarpado por tratarse de un lugar localizado en la zona sierra de nuestra región liberteña, además, se puede apreciar que existen zonas con cambios bruscos de pendiente, teniendo una orografía de 46% para las pendientes transversales en promedio que son perpendiculares a la línea de conducción existente, también se puede enfatizar que la precisión del levantamiento topográfico nos permite tener curvas de nivel cada 1.00m de equidistancia.

**Figura N° 06: Planta Topográfica - Quebrada**



**Fuente: Municipalidad Provincial de Otuzco**

En la ubicación del sector de la quebrada, se puede apreciar el detalle de los desniveles, teniendo un terreno con fuertes cambios de cota en la parte de aguas arriba, a pesar de no ser una quebrada profunda, se puede ver que tiene bordes irregulares y además muestra la presencia de un meandro, estos meandros aparece en zonas con material arenoso y limoso, lo cual es poco común en la zona, ya que está predominando aquí el material rocoso, además existe una zona relativamente plana ubicada en la parte de la margen izquierda de la ribera perteneciente a la quebrada, en la cual evaluaremos la posibilidad de ubicación de nuestra planta de tratamiento de agua potable, a esto añadimos que la zona más adecuada para el emplazamiento de la toma lateral viene a ser el sector en el cual se encuentra actualmente la toma rústica de la línea de conducción existente, otro punto que podemos determinar de la topografía en planta es que las zonas más accidentadas se encuentran ubicadas en la zona aguas debajo de la quebrada, teniendo ésta una cota máxima de 3690 msnm, y una mínima de 3590 msnm, con una longitud total levantada de 731, lineales de quebrada lo cual nos daría una pendiente promedio de 13.67% la cual es una pendiente muy característica de los ríos y quebradas localizados en la zona de sierra liberteña.

#### 4.1.1. POBLACIÓN Y ESTUDIO DE DEMANDA DE AGUA.

En esta etapa de la investigación nos centramos en establecer el cambio demográfico ocurrido en los últimos años para la ciudad de Otuzco, y como herramienta de apoyo emplearemos las estadísticas vertidas en la página web de INEI y su información correspondiente a los censos que tuvieron lugar en los últimos años, el más reciente fue el año 2017.

**Tabla N°10 – Cuadro de Población Total, según Provincia – La Libertad 2017**

13.3 DEPARTAMENTO LA LIBERTAD: POBLACIÓN TOTAL PROYECTADA Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CAPITAL LEGAL, SEGÚN PROVINCIA Y DISTRITO, 2017

Provincia y Distrito	Población Total Proyectada al 30/06/2014	Capital Legal				
		Nombre	Categoría	Ubicación Geográfica		
				Altitud (msnm.)	Latitud Sur	Longitud Oeste
<b>Total</b>	<b>1,836,960</b>					
<b>Trujillo</b>	<b>942,729</b>	<b>Trujillo</b>				
Trujillo	317,893	Trujillo	Ciudad	34	08°06'34"	79°02'00"
El Porvenir	180,716	El Porvenir	Pueblo	104	08°04'55"	79°00'09"
Florencia de Mora	41,950	Florencia de Mora	Ciudad	102	08°04'51"	79°01'25"
Huanchaco	64,957	Huanchaco	Pueblo	7	08°04'53"	79°07'17"
La Esperanza	179,407	La Esperanza	Pueblo	87	08°04'41"	79°02'43"
Laredo	35,200	Laredo	Pueblo	95	08°05'28"	78°57'40"
Moche	34,074	Moche	Villa	10	08°10'20"	79°00'40"
Poroto	3,267	Poroto	Pueblo	633	08°00'41"	78°46'11"
Salaverry	17,633	Salaverry	Villa	6	08°13'23"	78°58'41"
Simbal	4,315	Simbal	Pueblo	574	07°58'36"	78°48'53"
Mitoso Lazo, Hoverso	63,347	Buena Vista	Pueblo	8	08°02'38"	79°03'24"

Fuente: INEI

En el cuadro adjunto en la parte superior, citamos las investigaciones y estudios de crecimiento demográfico realizado por el Instituto Nacional de Estadística de informática, que además refleja el censo llevado a cabo en el año 2017, tal como podemos apreciar nos muestra la Provincia y distritito, Población total Proyectada, categoría, altitud, latitud sur y longitud oeste para cada una de las provincias y distritos del departamento de La Libertad.

"DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018"

**Tabla N°11 – Cuadro de Población Total, según Distrito – La Libertad 2017**

Pueblo Nuevo	14,556	Pueblo Nuevo	Villa	75	07°11'18"	79°30'51"
<b>Julcán</b>	<b>31,529</b>	<b>Julcán</b>				
Julcán	11,909	Julcán	Villa	3 412	08°02'38"	78°29'17"
Calamarca	5,792	Calamarca	Pueblo	3 314	08°09'52"	78°24'55"
Carabamba	6,636	Carabamba	Pueblo	3 335	08°06'39"	78°36'33"
Huaso	7,92	Huaso	Pueblo	3 113	08°13'24"	78°24'57"
<b>Continúa...</b>						
<b>Otuzco</b>	<b>91,913</b>	<b>Otuzco</b>				
<b>Otuzco</b>	<b>27,164</b>	<b>Otuzco</b>	<b>Ciudad</b>	<b>2 660</b>	<b>07°54'08"</b>	<b>78°34'01"</b>
Agallpampa	9,916	Agallpampa	Pueblo	3 119	07°59'07"	78°32'53"
Charat	2,896	Charat	Pueblo	2 285	07°49'29"	78°27'02"
Huaranchal	5,112	Huaranchal	Pueblo	2 110	07°41'27"	78°26'40"
La Cuesta	694	La Cuesta	Pueblo	1 879	07°55'08"	78°42'29"
Mache	3,143	Mache	Pueblo	3 301	08°01'49"	78°32'12"
Paranday	729	Paranday	Pueblo	3 156	07°53'05"	78°42'43"
Salpo	6,219	Salpo	Pueblo	3 433	08°00'19"	78°36'23"
Sinsicap	8,631	Sinsicap	Villa	2 280	07°51'06"	78°45'22"
Usquil	27,409	Usquil	Ciudad	2 987	07°48'56"	78°25'09"

**Fuente: INEI**

Para objeto de estudio, nosotros nos centraremos en la Provincia de Otuzco, distrito de Otuzco, que tiene una población de 27 164 usuarios, y se encuentra ubicado a una altitud media de 2660 msnm, ubicado en el 07° 54° 08' hemisferio Sur Latitud Sur, y 78°32°01' Longitud oeste, dicha información nos servirá de apoyo para el cálculo de la demanda de agua a proyectarse durante los próximos 20 años a partir de la fecha.

**Tabla N°12 – Cuadro Resumen Población (hab.) - Otuzco**

Localidad	Población (Hab)
Otuzco	27164.00
<b>TOTAL</b>	<b>27164.00</b>

Fuente: INEI

**Fuente: INEI**

Finalmente extraemos dicha información y la ordenamos en un cuadro en Excel para un mejor manejo posterior.

**Tabla N°13 – Conteo de locales - Otuzco**

LOCALES	N° de locales
Locales Comunales	1
Locales Educativos	2
Locales de Salud	1
Locales Religiosos	1
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>

**Fuente: Autoría Propia**

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

Siguiendo y teniendo en cuenta las consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria dadas en la Norma OS 100, tenemos que tener en cuenta que el gasto o dotación de agua está en función no solo de la población como usuario, sino también de los establecimientos localizados en las diferentes zonas a lo largo y ancho de la ciudad, por ello nosotros nos hemos tomado el trabajo de recorrer la ciudad de Otuzco con la finalidad de establecer el conteo de los locales comunales, educacionales, de salud y religioso que podamos encontrar, ya que éstos requerirán una determinada dotación de agua en función a la cantidad que encontremos de cada uno de ellos, finalmente el trabajo de campo lo vemos reflejado en el cuadro que adjuntamos en la parte superior, para el cual tenemos 01 Locales comunales, 02 locales educacionales, 01 locales de salud, 01 locales religiosos.

**Tabla N°14 – Consumo doméstico para Agua - Otuzco**

TASA DE CRECIMIENTO:		1.03%	Fuente: INEI				
Cuadro N° 4-3: Consumo Doméstico de Agua para Otuzco							
AÑO	POBLACION	COBERTURA DE CONEXIONES %	POBLACION SERVIDA (Hab)	DOTACION (Lt/Hab/día)	CONSUMO DOMESTICO		
					Lt/día	m3/año	Lt/seg
2018	27164	24.69%	6707	180	1,207,260.00	440,649.90	13.97
1	27,443	100.00%	27443	180	4,939,740.00	1,803,005.10	57.17
2	27,724	100.00%	27724	180	4,990,320.00	1,821,466.80	57.76
3	28,009	100.00%	28009	180	5,041,620.00	1,840,191.30	58.35
4	28,296	100.00%	28296	180	5,093,280.00	1,859,047.20	58.95
5	28,586	100.00%	28586	180	5,145,480.00	1,878,100.20	59.55
6	28,880	100.00%	28880	180	5,198,400.00	1,897,416.00	60.17
7	29,176	100.00%	29176	180	5,251,680.00	1,916,863.20	60.78
8	29,475	100.00%	29475	180	5,305,500.00	1,936,507.50	61.41
9	29,778	100.00%	29778	180	5,360,040.00	1,956,414.60	62.04
10	30,083	100.00%	30083	180	5,414,940.00	1,976,453.10	62.67
11	30,392	100.00%	30392	180	5,470,560.00	1,996,754.40	63.32
12	30,704	100.00%	30704	180	5,526,720.00	2,017,252.80	63.97
13	31,019	100.00%	31019	180	5,583,420.00	2,037,948.30	64.62
14	31,337	100.00%	31337	180	5,640,660.00	2,058,840.90	65.29
15	31,659	100.00%	31659	180	5,698,620.00	2,079,996.30	65.96
16	31,983	100.00%	31983	180	5,756,940.00	2,101,283.10	66.63
17	32,312	100.00%	32312	180	5,816,160.00	2,122,898.40	67.32
18	32,643	100.00%	32643	180	5,875,740.00	2,144,645.10	68.01
19	32,978	100.00%	32978	180	5,936,040.00	2,166,654.60	68.70
20	33,316	100.00%	33316	180	5,996,880.00	2,188,861.20	69.41

Fuente: Autoría Propia

Con la información obtenida de INEI y de nuestro trabajo de campo, se realizó la proyección de demanda y población, teniendo en cuenta que se ha considerado una dotación diaria de 180litros por usuario, lo cual se encuentra citado en el inciso 1.4 de la norma OS. 100 para las consideraciones básicas en el diseño de infraestructura sanitaria, tal como se puede apreciar, el consumo final para 20 años de proyección es de 69.41 lt/s.

**Tabla N°15 – Cantidad de Alumnos en las instituciones educativas - Otuzco**

Institución Educativa	alumnos
Secundaria	150
Primaria	120
Inicial	90
<b>TOTAL</b>	<b>360</b>

Fuente: Autoría Propia

Además de contar la cantidad de locales, fue necesario considerar la cantidad de alumnos asistentes a las instituciones educativas localizadas en Otuzco, dando como resultado de trabajo de campo el cuadro adjunto en la parte superior, que nos muestra un total de 150 alumnos en la escuela secundaria, 120 alumnos en la escuela primaria y 90 alumnos en la escuela inicial, teniendo un resultado finalmente de 360 alumnos, que asistirán durante lo largo del día tantos en los turnos de mañana como de tarde.

**Tabla N°16 – Consumo no doméstico de agua - Otuzco**

AÑO	CONSUMO NO DOMESTICO					
	Estatal				Social	
	Incial/primaria Lt/día	Incial/primaria Lt/seg	Secundaria Lt/día	Secundaria Lt/seg	Lt/día	Lt/seg
1	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
2	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
3	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
4	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
5	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
6	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
7	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
8	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
9	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
10	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
11	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
12	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
13	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
14	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
15	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
16	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
17	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
18	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
19	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012
20	7,200.00	0.083	3,750.00	0.043	1,000.00	0.012

Fuente: Autoría Propia

Después de la contabilización de la cantidad de alumnos y de locales, realizamos la estimación del consumo no doméstico de agua potable proyectado para una frontera de 20 años, tanto en el ámbito estatal como social, teniendo como resultados 0.083 lt/s para la escuela inicial y primaria, 0.043 lt/s para el sector de secundaria y finalmente 0.012 lt/s para el sector social.

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

**Tabla N°17 – Cuadro de demanda de producción - Otuzco**

AÑO	CONSUMO TOTAL		PERDIDAS 0.25	DEMANDA DE PRODUCCIÓN	
	Lt/día	Lt/seg		Lt/seg	Lt/día
1	4,951,690.00	57.31	25%	71.639	6,189,612.50
2	5,002,270.00	57.90	25%	72.371	6,252,837.50
3	5,053,570.00	58.49	25%	73.113	6,316,962.50
4	5,105,230.00	59.09	25%	73.860	6,381,537.50
5	5,157,430.00	59.69	25%	74.616	6,446,787.50
6	5,210,350.00	60.30	25%	75.381	6,512,937.50
7	5,263,630.00	60.92	25%	76.152	6,579,537.50
8	5,317,450.00	61.54	25%	76.931	6,646,812.50
9	5,371,990.00	62.18	25%	77.720	6,714,987.50
10	5,426,890.00	62.81	25%	78.514	6,783,612.50
11	5,482,510.00	63.45	25%	79.319	6,853,137.50
12	5,538,670.00	64.10	25%	80.131	6,923,337.50
13	5,595,370.00	64.76	25%	80.952	6,994,212.50
14	5,652,610.00	65.42	25%	81.780	7,065,762.50
15	5,710,570.00	66.09	25%	82.618	7,138,212.50
16	5,768,890.00	66.77	25%	83.462	7,211,112.50
17	5,828,110.00	67.45	25%	84.319	7,285,137.50
18	5,887,690.00	68.14	25%	85.181	7,359,612.50
19	5,947,990.00	68.84	25%	86.053	7,434,987.50
20	6,008,830.00	69.55	25%	86.933	7,511,037.50

**Fuente: Autoría Propia**

Luego, con la información recaudada, elaboramos un cuadro de demanda de la producción de agua potable, contemplando también los horizontes para 20 años de proyección, teniendo en cuenta las pérdidas asumidas de un 25%, obteniendo como resultado un total de 86.933 lt/s de demanda.

**Tabla N°18 – Cuadro de demanda de Almacenamiento - Otuzco**

<b>Demanda del Volumen de Almacenamiento para el Sector de Otuzco.</b>			
<b>AÑO</b>	<b>Demanda Máx.Diaria Lt/seg</b>	<b>Demanda Máx.Horaria Lt/seg</b>	<b>Demanda de Vol. Almacén m3/día</b>
1	93.131	143.278	1,237.92
2	94.082	144.742	1,250.57
3	95.047	146.226	1,263.39
4	96.019	147.721	1,276.31
5	97.000	149.231	1,289.36
6	97.996	150.762	1,302.59
7	98.998	152.304	1,315.91
8	100.010	153.861	1,329.36
9	101.036	155.440	1,343.00
10	102.068	157.028	1,356.72
11	103.114	158.637	1,370.63
12	104.171	160.262	1,384.67
13	105.237	161.903	1,398.84
14	106.314	163.559	1,413.15
15	107.404	165.236	1,427.64
16	108.501	166.924	1,442.22
17	109.614	168.637	1,457.03
18	110.735	170.361	1,471.92
19	111.869	172.106	1,487.00
20	113.013	173.867	1,502.21
<b>Volumen Necesario del Reservorio</b>			<b>1,503.00</b>

**Fuente: Autoría Propia**

Por último, teniendo en cuenta el inciso 1.5 de la norma OS.100 aplicamos los coeficientes, tanto como el de máximo anual de demanda diaria:  $K=1.3$ , y el máximo anual de demanda horaria:  $K=2.00$ , para obtener los resultados adjuntos en el cuadro superior N° 9, contemplando un horizonte de 20 años de proyección determinamos que el volumen necesario para el almacenamiento en reservorio es de 1503.00 m<sup>3</sup>; si contemplamos reservorios rectangulares a 1.80m de altura de agua nos dará 02 reservorios de 15.00m x 30.00 m de ancho y largo respectivamente, teniendo un volumen útil de 810 m<sup>3</sup>/Cu.

**Tabla N°19 – Cuadro Resumen**

<b>CUADRO RESUMEN</b>	
Población actual (hab)	27,164.00
tasa de crecimiento (%)	1.03%
periodo de diseño (años)	20.00
Poblacion futura (hab)	33,316.31
Dotacion (lt/hab/dia)	180.00
Consumo promedio anual (lt/seg)	86.93
Consumo máximo diario (lt/seg)	113.0133
volumen analitico del reservorio (m <sup>3</sup> )	1,502.21
<b>volumen del reservorio asumido (m<sup>3</sup>)</b>	<b>1,503.00</b>
consumo máximo horario (lt/seg)	173.8666
caudal unitario (lt/seg)	0.0052

**Fuente: Autoría Propia**

Finalmente realizamos un cuadro resumen que refleje los resultados obtenidos mediante el análisis aplicado anteriormente, dando como resultado lo siguiente: Población – 27 164 hab.; Tasa de crecimiento 1.03 %; Periodo de diseño – 20 Años; Población Futura – 33 316.31 hab.; Dotación diaria 180 lt/hab./día; Consumo promedio anual – 86.93 lt/s; Consumo máximo diario 113.013 l/s (Esto servirá para el diseño de la planta de tratamiento); Volumen analítico del reservorio - 1502.21 m<sup>3</sup>; Volumen del reservorio asumido 1503.00 m<sup>3</sup>; Consumo máximo horario 173.86 lt/s (Dato esencial para el diseño de la línea de conducción nueva) y por último el caudal unitario 0.0052 lt/s.

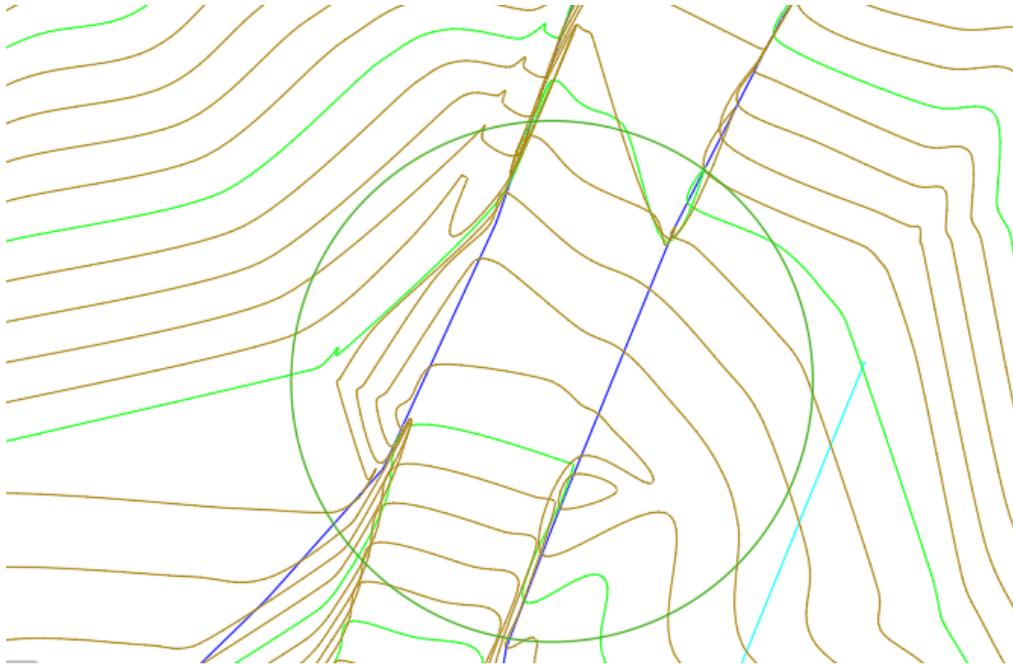
#### **4.2. DISEÑO DE LA BOCATOMA PARA LA CAPTACIÓN**

Hay que tener claro que en todo proyecto de captación de agua sea para tratamiento y potabilización o para fines agrícolas, se debe tener en cuenta la necesidad de proyectar el emplazamiento y diseñar una estructura que tenga la capacidad de captar agua con la cantidad mínima de sedimentos posible, ya que cabe resaltar que en todo afluente se presenta el arrastre de sedimentos de fondo y suspensión, lo cual resulta ser un problema pues llena de arena las tuberías y los canales comprometidos en el sistema de recolección de agua.

Nosotros hemos considerado emplazar una estructura de bocatoma en el lugar en el cual actualmente se encuentra una pequeña toma rústica a manera de canal de derivación que sustrae caudal de la quebrada y la lleva

hasta la línea de conducción, sin embargo, dicha toma rudimentaria no es eficiente puesto que no cumple con la exigencia de caudal para la población considerada en nuestra investigación, además que carece de las estructuras necesarias para la adecuada recolección y derivación del caudal de la quebrada.

**Figura N° 07: Emplazamiento de la estructura de bocatoma**



**Fuente: Autoría Propia**

Para emplazar una bocatoma se debe tener en cuenta diferentes criterios, entre ellos la estabilidad del suelo en el cauce y la ribera del sector de río o quebrada elegido, facilidad de acceso a la zona para posterior mantenimiento, además la pendiente en este sector del cauce debe ser la adecuada para permitirnos trabajar de manera adecuada en la construcción de la misma; sin embargo, tal como se puede apreciar la topografía en el sector elegido es la idónea, ahora lo que se procederá a hacer es encausar la zona y determinar el ancho estable en función a la pendiente y la rugosidad del cauce, además se tendrá en cuenta las estructuras que harán funcional a nuestra bocatoma, tales como el barraje, muros de encausamiento, canal de derivación y desarenador.

Sin embargo, antes de proceder con el diseño de las estructuras, es necesario verificar y establecer las características hidrodinámicas del cauce, tales como el tirante o altura de agua, velocidades, régimen de flujo, perímetro mojado, radio hidráulico, espejo de agua, caudal, todo esto en

función a su geometría en sección transversal, para ello nosotros hemos acudido al lugar y mediante la inserción de reglas o miras topográficas en el lecho hemos realizado la medición de las diferentes profundidades a lo largo de la sección y medido la longitud que existe en cada cambio importante de desnivel, todo esto con la finalidad de medir el caudal aproximado, teniendo en cuenta la pendiente del río que fue de 0.138 m/m, dato que ha sido extraído de la información topográfica.

Figura N° 08: Cálculo de la rugosidad en el lecho de la quebrada

Tabla de Valores Para el Cálculo del Coeficiente de Rugosidad

N0	0,025
N1	0,005
N2	0,005
N3	0,010
N4	0,010
N5	1

N2	Variaciones de sección transversal	
	Gradual	0,000
	Ocasionalmente alternante	0,005
	Frecuentemente alternante	0,010 - 0,015
N3	Nivel de obstrucciones	
	Despreciable	0,000
	Menor	0,010 - 0,015
	Apreciable	0,020 - 0,030
	Severo	0,040 - 0,060
N4	Presencia de vegetación	
	Baja	0,005 - 0,010
	Media	0,010 - 0,020
	Alta	0,025 - 0,050
	Muy alta	0,050 - 0,100
N5	Cantidad de meandros	
	Menor	1,000
	Apreciable	1,150
	Severa	1,300

Rugosidad del cauce :

N 0,055

Conforme Calcular

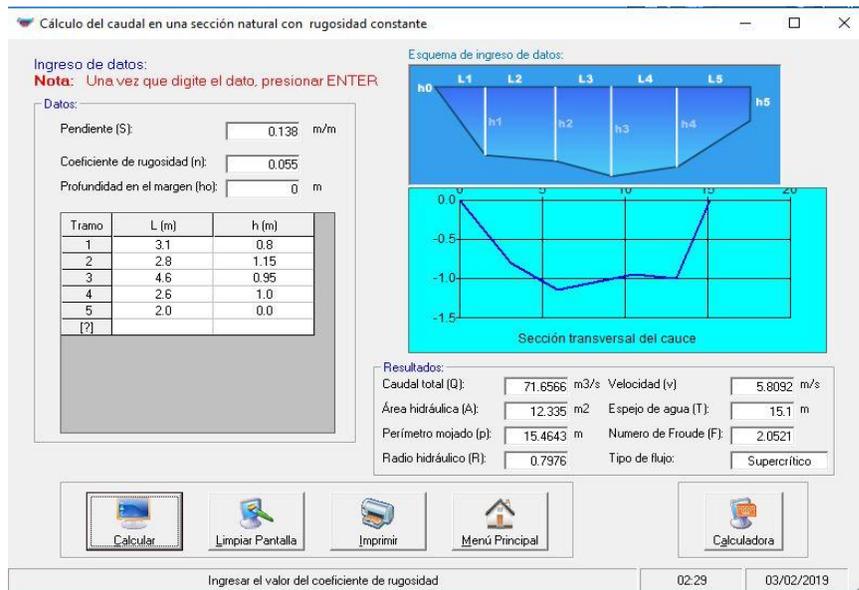
Nuevo Imprimir

Fuente: Autoría Propia

Hay que tener claro que no es suficiente con la pendiente y el área hidráulica en la sección, además de ello hay que hallar la rugosidad del cauce, para ello emplearemos el método de Cowan, quien usó las rugosidades establecidas por Robert Manning y desarrolladas en el libro de Hidráulica de canales abiertos (Chow, 1983) todo esto como base para encontrar la rugosidad de nuestro cauce mediante la auscultación, eligiendo los valores para “n” desde n0 hasta n5; en nuestro caso hemos empleado el módulo de rugosidad incluido en el Software de BOCATOMAS del ingeniero Javier Luque Luque; contemplando para N0 que se trata de un material de cauce de roca cortada con un valor de 0.025; para N1 nosotros contemplamos que el grado de irregularidad del fondo del cauce es menor, con un factor de 0.005; para la

variación de la sección transversal determinamos que es ocasionalmente alternante con un  $N_2 = 0.005$ ; el nivel de obstrucciones presentadas en el cauce es menor para lo cual le corresponde un valor de  $N_3 = 0.010$ ; se muestra además que la presencia de vegetación en el cauce es media a la cual le corresponde un valor de  $N_4 = 0.010$ ; y finalmente la cantidad de meandros en el cauce de la quebrada es menor para lo que le corresponde un valor de  $N_5 = 1$ , como resultado obtenemos una rugosidad de  $n = 0.055$  que corresponde al cauce en estudio.

**Figura N° 09: Cálculo del caudal en la sección del río elegida**



**Fuente: Autoría Propia**

Procedemos a realizar la estimación del caudal que transita por esta sección del cauce de la quebrada, para ello reflejamos nuestro trabajo de campo con la ayuda del software HCANALES V2.1 obteniendo así para una pendiente de 0.138 m/m y una rugosidad de 0.055; un caudal de 71.656 m<sup>3</sup>/s que circunda con una velocidad de 5.80 m/s que tiene un área hidráulica de 12.335 m<sup>2</sup> y un régimen de flujo supercrítico.

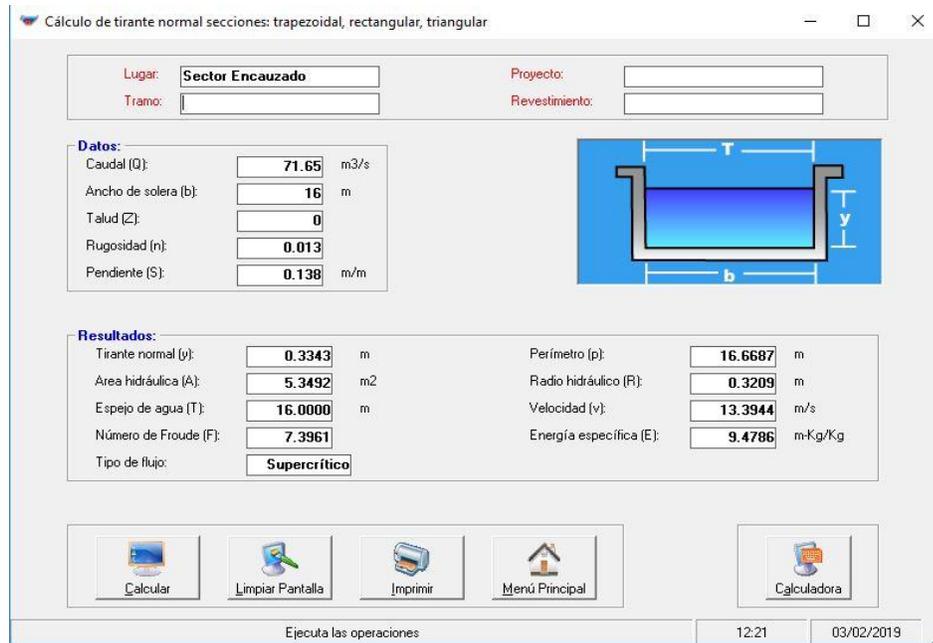
Figura N° 10: Cálculo del ancho estable para el encauzamiento

Parámetro	Valor
Caudal diseño (m <sup>3</sup> /s)	71.66
Pendiente río (m/m)	0.138
Rugosidad río N	0.055
Exponente m	0.5
Factor de fondo F <sub>b</sub>	1.20
Factor de orilla F <sub>s</sub>	0.1
Coeficiente K	10
ALTUNIN B (m)	10.4120
PETTIT B (m)	10.2958
BLENCH B (m)	26.3490
Promediar (m)	15.6856
Establecer (m)	16

Fuente: Autoría Propia

Como se mencionó anteriormente se requiere establecer un ancho de sección de cauce para el cual su comportamiento hidrodinámico reflejen las condiciones ideales para la determinación de un tirante homogéneo y desarrollo de velocidades no erosivas y perjudiciales para la estructura a proyectar y emplazar, además de ello se asume que con dichas condiciones favorables se desarrollará un régimen de flujo sub crítico en la zona para facilitar la captación del agua requerida, entonces empleando el módulo de Ancho de encauzamiento del Software BOCATOMAS, ingresamos los datos que requiere como el caudal circundante en la quebrada de 71.66 m<sup>3</sup>/s, la pendiente del río de 0.138 m/m, la rugosidad del cauce que es de 0.055, el exponente  $m=0.5$ , el factor de orilla de 0.1, y finalmente el coeficiente  $K = 10$ , con esto nos da como resultado un ancho estable de 15.68m en total, sin embargo lo redondearemos a 16.00 para facilidad de construcción.

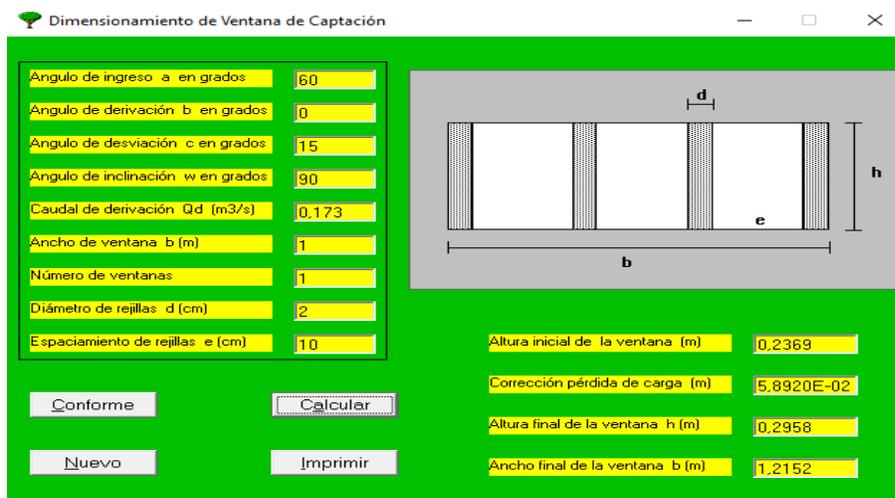
Figura N° 11: Cálculo las características hidráulicas del sector encauzado



Fuente: Autoría Propia

Una vez calculado el ancho estable, determinamos las características hidráulicas del sector del río encauzado con muros laterales y un colchón disipador de concreto en el fondo, para ello contemplamos e idealizamos dicho sector como un canal, entonces haciendo uso del software Hcanales, procedemos a determinar sus características que serán necesarias para el diseño del barraje y la ventana de captación tales como Tirante normal = 0.334m, velocidad  $V= 13.3944$  m/s y el régimen de flujo: Supercrítico con un Número de Froude = 7.39.

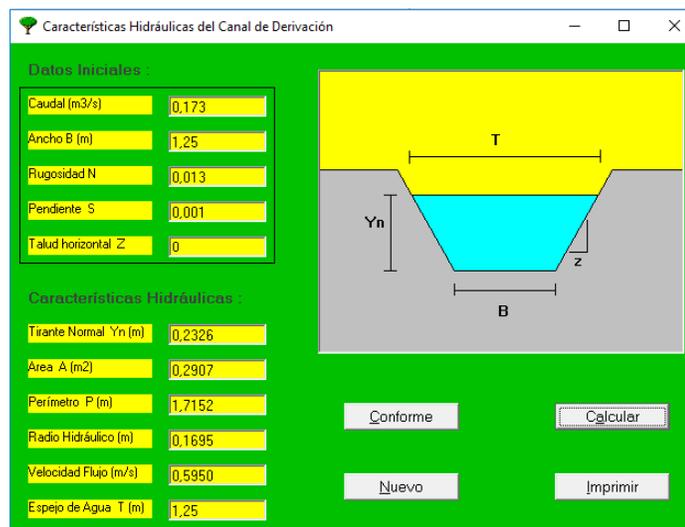
**Figura N° 12: Dimensionamiento de la ventana de captación**



Fuente: Autoría Propia

Una vez analizado y calculado el encauzamiento del sector de la quebrada donde se emplazará la estructura de la bocatoma, procedemos a calcular las dimensiones de la ventana de captación, teniendo en cuenta el ángulo de ingreso a la toma que será de 60°, y el ángulo de inclinación de la ventana que será de 90°, además de ello está el caudal de derivación que es de 0.173 m3/s que corresponde al caudal máximo horario de demanda de agua, obteniendo así una altura de ventana de 0.232m y un ancho final de 1.215m en total.

**Figura N° 13: Dimensionamiento del canal de derivación**



Fuente: Autoría Propia

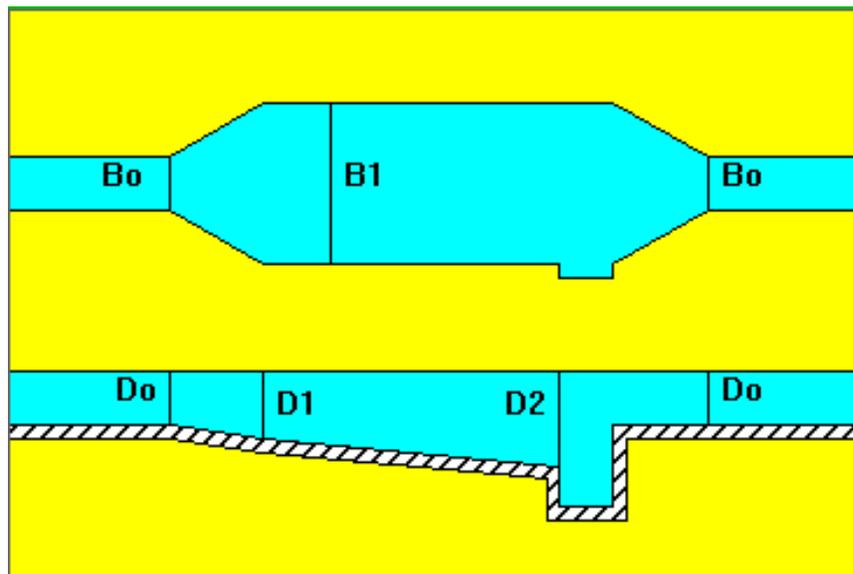
Establecemos las dimensiones del canal de derivación, considerando un ancho uniforme y coincidente con el ancho de la ventana de captación, de

1.25 m en total para que canalice un caudal de 0.173 m<sup>3</sup>/s, contemplando un canal de concreto cuya rugosidad es de 0.013 y la pendiente será de 0.001, este canal tendrá un talud de 0, dando como resultado un tirante normal de 0.23 m a una velocidad de 0.59 m/s.

#### 4.2.1. CÁLCULO DEL DESARENADOR

Es imprescindible para una estructura de bocatoma contar con un desarenador, pues dicho complemento aporta al sistema de toma la capacidad retentiva de sedimentos transportados tanto en suspensión como en el fondo los cuales son perjudiciales para los canales de derivación y las tuberías que formen parte de este sistema, por lo cual nosotros emplearemos una serie de fórmulas empíricas y modelos numéricos para establecer una estructura eficiente y eficaz que no requiera un mantenimiento muy constante para así evitar costos excesivos, hemos pensado que lo más adecuado sería que el desarenador se purgue constantemente debido a que los sedimentos en el fondo podría dar origen al desarrollo de diferentes tipos de microorganismos que podrían llegar a ser perjudiciales y complicar aún más el proceso de tratamiento del agua para potabilizarla, y, además de encarecer el proceso, algunos de estos microorganismos podrían filtrarse a través del sistema y deteriorar la salud de la población.

Figura N° 14: Esquema de desarenador a proyectar



Fuente: Software Bocatomas

En la imagen superior mostramos un esquema del desarenador que procederemos a proyectar y calcular para que forme parte de nuestro sistema de toma de agua con fines de consumo humano.

#### 4.2.1.1. Cálculo de la velocidad de flujo en el estanque

$$V = a\sqrt{d}$$

d= diámetro(mm)

a= cte. en función al diámetro

Se determina mediante la fórmula de Camp; y se comprende de 0,20 a 0,60 m/s

Tabla N°20 – Calculo de la velocidad de flujo en el estanque

a	d(mm)
51	<0.1
44	0.1-1
36	>1

Fuente: Autoría Propia

Optamos por:

a= 44

d= 0.3

Finalmente obtenemos que:

V= 0.241 m/s

#### 4.2.1.2. Calculo de la velocidad de caída en aguas tranquilas

$$w = k\sqrt{d(ps - 1)}$$

(E Sudry, 1986)

formula de Sudry

w= velocidad de sedimentación (m/s)

d= diámetro de las partículas(mm)

ps= Peso específico del material (gr/cm<sup>3</sup>)

K= Constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos

**Tablan N° 21 – Fórmula y Naturaleza de los granos**

Forma y naturaleza	k
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos Cuarzo >3mm	6.12
Granos Cuarzo >0.7mm	1.28
<0.7mm	1

**Fuente: Autoría Propia**

**Finalmente optamos por:**

d= 0.30

ps= 1.65

k= 1

Tenemos una velocidad de:

w= 0.442 m/s

**Otro método:**

$$w = 3.8\sqrt{d} + 8.3d$$

Fórmula de scoti – foglieni

Obteniendo una velocidad de:

w= 0.233 m/s

Para considerar la velocidad de diseño se puede tomar como promedio el resultado de dichos métodos

w= 0.305 m/s

**Tabla N°22 – Metodología**

Metodología	Velocidad(m/s)
Camp	0.241
Sudry	0.442
Scoti foglieni	0.233

Fuente: Autoría Propia

#### 4.2.1.3. Longitud de Poza de sedimentación

$$L = \frac{hv}{W}$$

hv: Altura vertical o fondo de la poza

Sin embargo, considerando los efectos retardarios de turbulencia; con el agua en movimiento la velocidad de sedimentación es menos, es decir, será  $W-W''$ ; donde  $W''$  es la reducción de velocidad por efectos de la turbulencia.

Luego:

$$L = \frac{hv}{W - W''}$$

$W''$  Según Eguiazaroff:

$$W'' = \frac{V}{5.7 + 2.3h}$$

$$W'' = 0.0382 \quad \text{m/s}$$

$$H = 1.00 \quad \text{m} \quad \text{hasta 4 m como máximo}$$

**Según Levin y Bestelit**

$$W'' = a \cdot v$$

$$a = \frac{0.312}{\sqrt{h}}$$

$$W'' = 0.0952 \quad \text{m/s}$$

Finalmente,  $W''$  podría considerarse como 0.067m/s

En cálculo de desarenadores de bajas velocidades; se puede realizar una corrección; mediante el coeficiente K que varía de acuerdo a las velocidades de escurrimiento en el estanque:

$$L = K \frac{hv}{w}$$

**Tabla N°23 – Velocidades de escurrimiento**

Velocidadesde escurrimiento (m/s)	K
0.2	1.25
0.3	1.5
0.5	2

**Fuente: Autoría Propia**

$$L = 4.91 \quad \text{m}$$

$$L = \frac{hv}{W - W''}$$

$$L = 4.19 \quad \text{m}$$

Se podría tomar un promedio de ambos métodos  $L = 4.55 \quad \text{m}$

#### 4.2.1.4. El ancho mínimo del desarenador:

$$b = \frac{Q/v}{H}$$

$$Q = 0.113 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

$$b = 0.370240711 \quad \text{m}$$

Sin embargo, sabemos que el ancho del canal de derivación es de 1.25m, por lo tanto, éste será nuestro ancho mínimo.

**4.2.1.5. El tiempo de sedimentación:**

$$t = \frac{h}{w}$$

T= 4.193 s

Volumen de agua conducido en ese tiempo:

$$V = Qxt$$

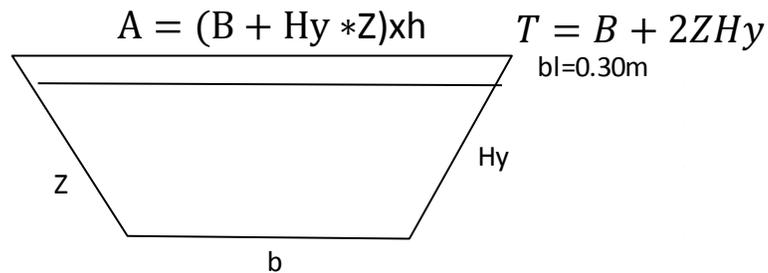
V= 0.474 m<sup>3</sup>

Verificamos la capacidad del tanque

$$V = b \times h \times L$$

V= 5.692 m<sup>3</sup>

Sin embargo, se recomienda usar una sección trapezoidal.



Z= 0.5

Hy= 1.55 m

B= 1.25 m

Y entrad= 0.25

Área= 3.14 m<sup>2</sup>

Borde Libre= 0.3

L= 4.55 m<sup>3</sup>

T= 2.8 m

V= 14.29 m<sup>3</sup>

#### 4.2.1.6. Cálculo de la Longitud de transición

Se emplea la fórmula de Hind.

$$L_t = \frac{T_1 - T_2}{2 * tg(22.5^\circ)}$$

$$T_{\text{canal}} = 1.25 \text{ m}$$

$$L_t = 1.87 \text{ m}$$

#### 4.2.1.7. Canal de Limpia

$$\text{Vol. Desard.} = 14.2926672 \text{ m}^3.$$

$$\text{Tiempo Evac.} = 2 \text{ min.} \quad (5-15)$$

$$Q_{\text{canal}} = 0.232 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_{\text{cl asum.}} = 3 \quad (3/5) \text{ m/s.}$$

$$y = 0.136 \text{ m.}$$

$$b_{\text{bord libre}} = 0.30 \text{ m}$$

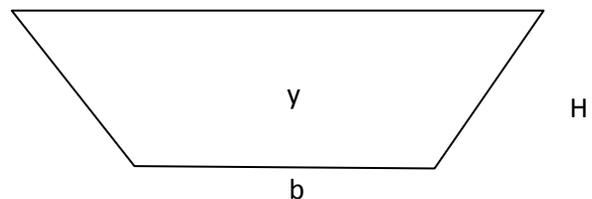
$$A_{\text{cl}} = 0.07736852 \text{ m}^2. \quad b=0.5 \text{ m.} \quad h=0.44 \text{ m}$$

$$z = 0.5$$

$$Q_{\text{cap}} = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ya que el vertedero se encuentra encima de la compuerta de lavado, el canal de limpia debe recibir el caudal que transitará por el vertedero

$$A = (B + H * Z) * H$$



$$T = 0.94 \text{ m}$$

#### 4.2.1.8. **Calculo de las dimensiones de la compuerta de lavado**

$$Q = C_d x A_o x \sqrt{2 x g x h}$$

$$c_d = 0.6$$

$$A_o = 0.06 \text{ m}^2$$

$$h = 0.17 \text{ m}$$

$$b = 0.35 \text{ m}$$

$$Q_{comp} = 0.211 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### 4.2.1.9. **PROFUNDIDAD DE RECOLECCIÓN**

Asumimos una profundidad de recolección de 0.50m, ya que es un valor estandarizado, de hecho, no sería estrictamente necesario colocarla ya que la purga en la estructura del desarenador será constante.

Finalmente, debido a que el canal de limpia se encontrará en todo momento en operación, entonces:

$$Q_{cap} = 0.173 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{limpia} = 0.211 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{fcap} = 0.324 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Figura N° 15: Ajuste de las medidas de la ventana de captación**

Fuente: Software Bocatomas

Finalmente se modifica la altura de la ventana de captación, dando como resultado una altura de 0.36m, la cual redondearemos a 0.40 para fines prácticos.

#### 4.2.1.10. DIMENSIONAMIENTO DEL VERTEDERO

$$\text{Longitud} = 0.40\text{m}$$

$$g = 9.80$$

$$\text{Coef de Descarga} = 2.10$$

$$u = 0.71$$

$$H = 0.26 \quad Q^{3/2}$$

$$H1 = 0.25$$

$$Q \text{ max} = 0.32$$

$$H2 = 0.30$$

#### 4.2.1.11. DIMENSIONAMIENTO DE LA COMPUERTA DE LAVADO

Por el principio de Bernuilli

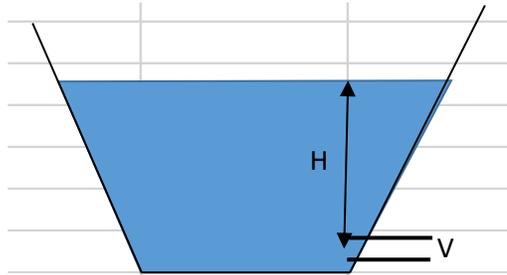
$$v = \sqrt{2g(y_2 - y_1)}$$

Se sabe que :

$$Y_2 - Y_1 = H$$

$$H = 1.75$$

$$V = 5.86 \text{ m/s}$$



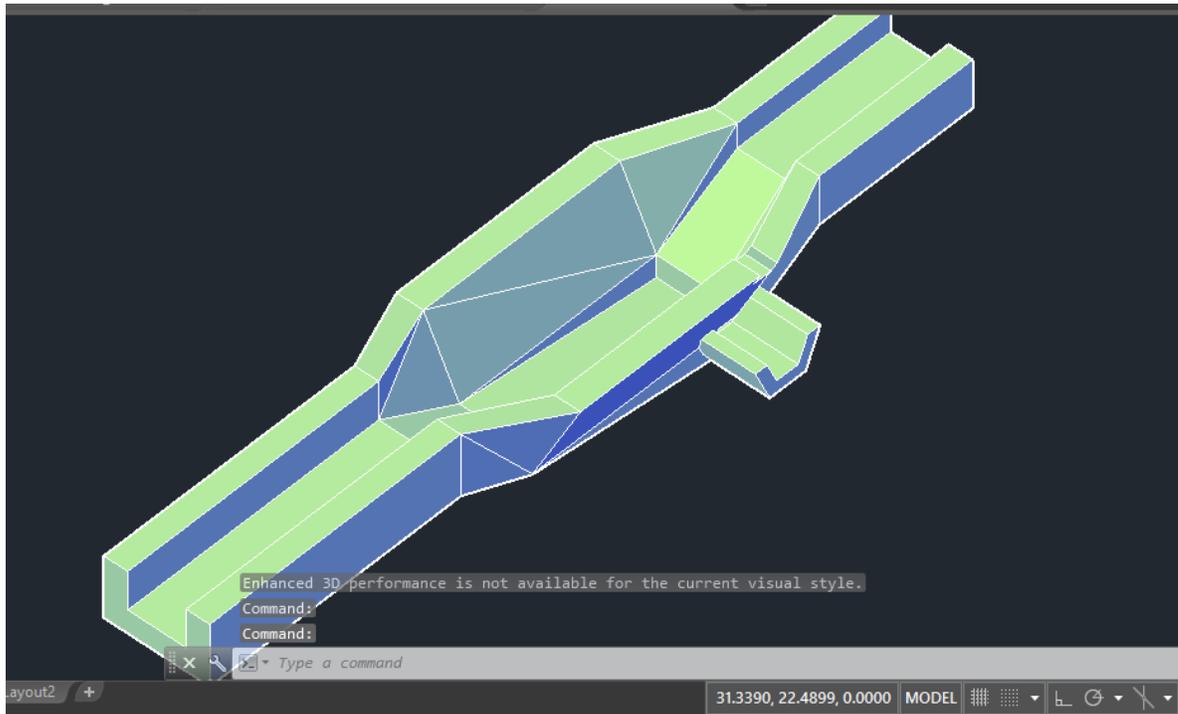
$$\text{Área} = 0.06 \text{ m}^2$$

$$\text{Base} = 0.30$$

$$\text{Altura} = 0.20$$

$$\text{Caudal} = 0.21 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Figura N° 16: Modelamiento de la estructura en 3D – AutoCAD Civil3D**



**Fuente: Autoría Propia**

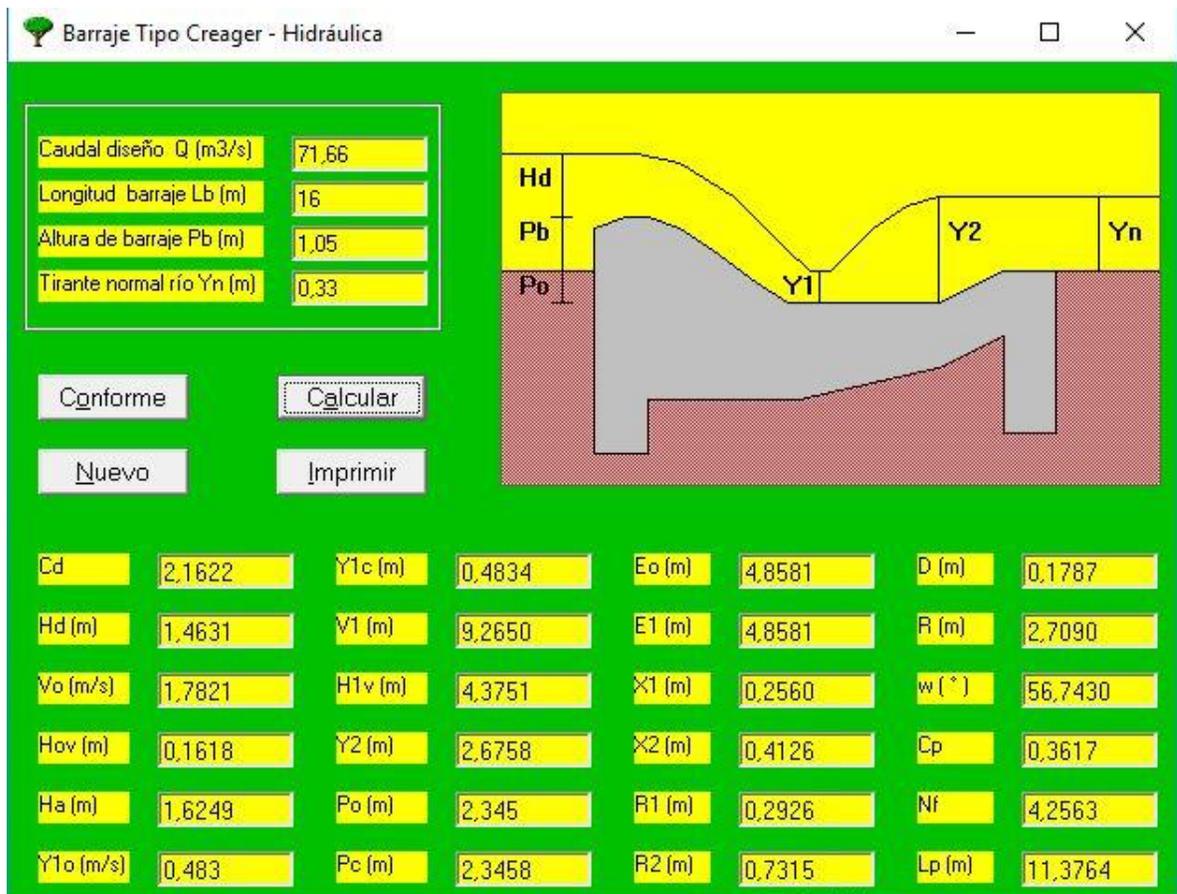
Mediante la creación de una superficie sólida en tres dimensiones, establecemos la forma que debe tener el desarenador que hemos proyectado, la intención de este diseño se basa en colocar la estructura posteriormente en un software de dinámica de fluidos computacional, que mediante la resolución de ecuaciones diferenciales de Saint Venant y de aguas someras establecerán y nos ayudarán a evaluar el comportamiento hidráulico de dicha estructura y determinar así su eficiencia frente a cargas de aguas para la cual ha sido idealizada, no obstante la estructura no se modelará sola, sino que se trabajará para que funcione en conjunto con la bocatoma y el barraje que será proyectado líneas abajo.

#### **4.2.2. DISEÑO DEL BARRAJE**

Es necesario establecer un dique que haga que la cota del fondo del río se eleve parcialmente, con la finalidad de que el tirante se superponga a la ventana de captación y haga que el agua ingrese a la bocatoma con facilidad, solamente haciendo uso de la gravedad terrestre y la altura de cota de agua.

Nosotros hemos considerado establecer que el barraje sea una estructura perenne en el lecho del río, puesto que, al estar la planta de tratamiento en constante funcionamiento, la toma se encontrará derivando caudal durante todo el año, a diferencia de las bocatomas de riego, que regularmente requieren del caudal derivado solo en épocas que el cultivo requiere ser regado, además el barraje móvil también se contempla en ríos con bastante caudal por el hecho de que se tiene más control de las cargas de agua, incluso en máximas avenidas.

**Figura N° 17: Diseño del barraje mediante Software BOCATOMAS**



**Fuente: Autoría Propia**

Como se trata de barraje fijo, contemplamos el hecho de establecer un barraje tipo creager, que tiene un mejor comportamiento que un barraje tipo indio, por la facilidad que tiene el tránsito de caudal por este debido a su cresta parabólica, que lamina el agua y permite desarrollar un régimen de flujo sub crítico sin necesidad de llegar al resalto hidráulico.

Se plantea dimensionar el barraje para ello se tienen los datos requeridos como Caudal 71.66 m<sup>3</sup>/s, longitud del barraje (16m que es el ancho del encauzamiento), la altura del barraje 1.05m que es la suma de la ventana de captación 0.45 más la altura de fondo 0.30 más la altura de borde libre 0.30.

#### 4.2.2.1. Finalmente armamos un perfil Creager

$$Y = C_p X^{1.85}$$

Siendo:

$$C_p = -0.3617$$

X	Y
0.5	-0.100
1	-0.362
1.5	-0.766
2	-1.304
2.5	-1.970
3	-2.761

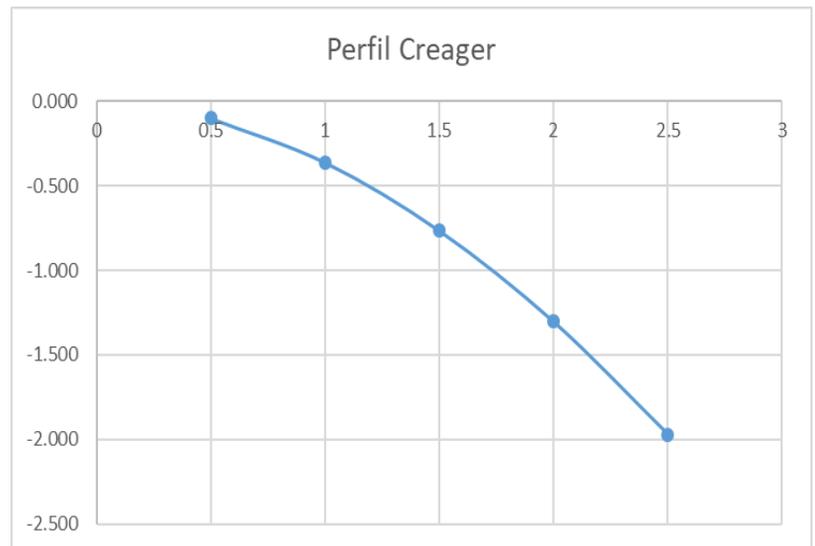
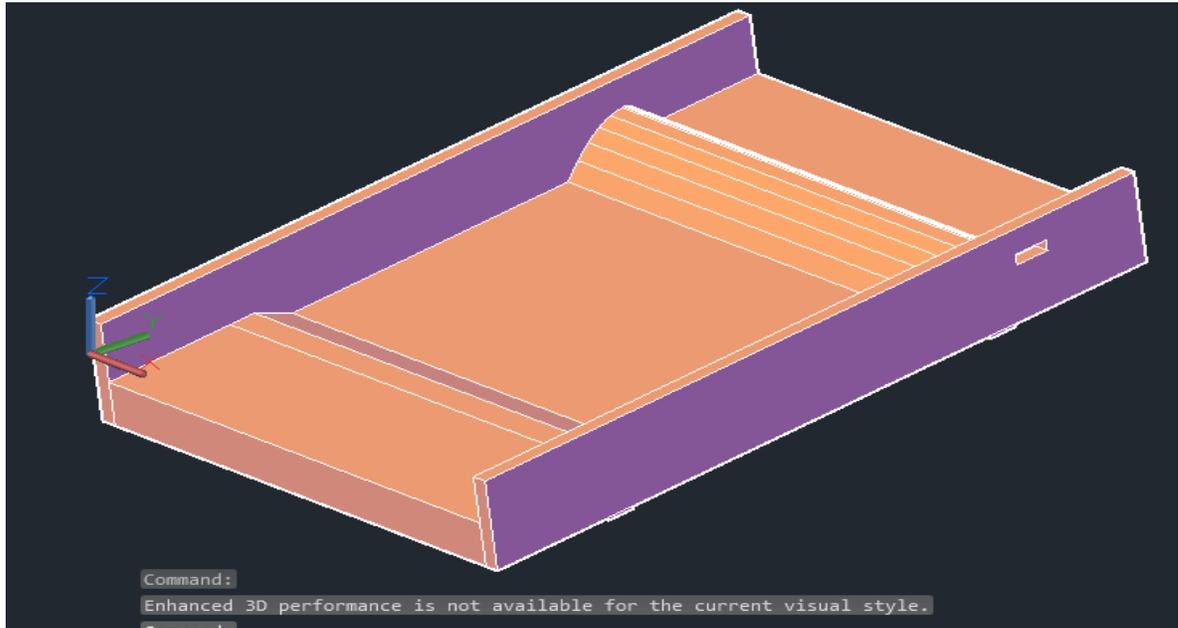


Figura N° 18: Diseño del barrage mediante AutoCAD Civil 3D



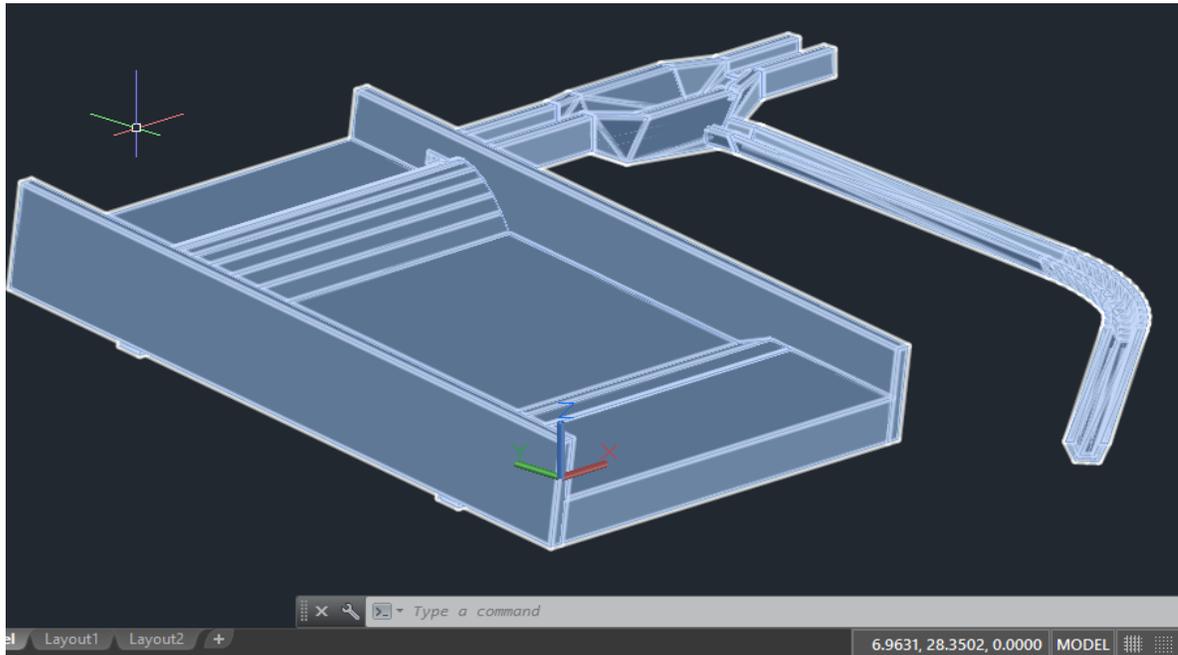
Fuente: Autoría Propia

Una vez calculada y dimensionada la estructura del encauzamiento mediante muros de concreto y del barrage junto al colchón dissipador, procedemos a modelar dicha estructura en AutoCAD civil 3D, tal como se muestra en la imagen superior, todo esto se realiza con la finalidad de exportarlo posteriormente a un software de modelamiento de dinámica de fluidos computacional.

#### 4.2.2.2. MODELAMIENTO NUMÉRICO TRIDIMENSIONAL

La estructura ha sido calculada mediante fórmulas empíricas de tal manera que se requiere comprobar su eficiencia y su respuesta a cargas dinámicas de agua, por lo tanto, se puede optar la realización de una costosa maqueta o de un modelo dinámico de fluidos computacional, el cual mediante la resolución de numerosas ecuaciones diferenciales, nos permitirá conocer el comportamiento del fluido en la superficie idealizada para así corregir errores que se podrían presentar en el campo y evitar realizar gastos innecesarios por haberla construido sin realizar estas comprobaciones, de esta manera recrearemos el entorno de manera virtual a través de estructuras sólidas diseñadas con la ayuda del software AutoCAD Civil3D.

**Figura N° 19: Diseño final de la Bocatoma mediante AutoCAD Civil 3D**



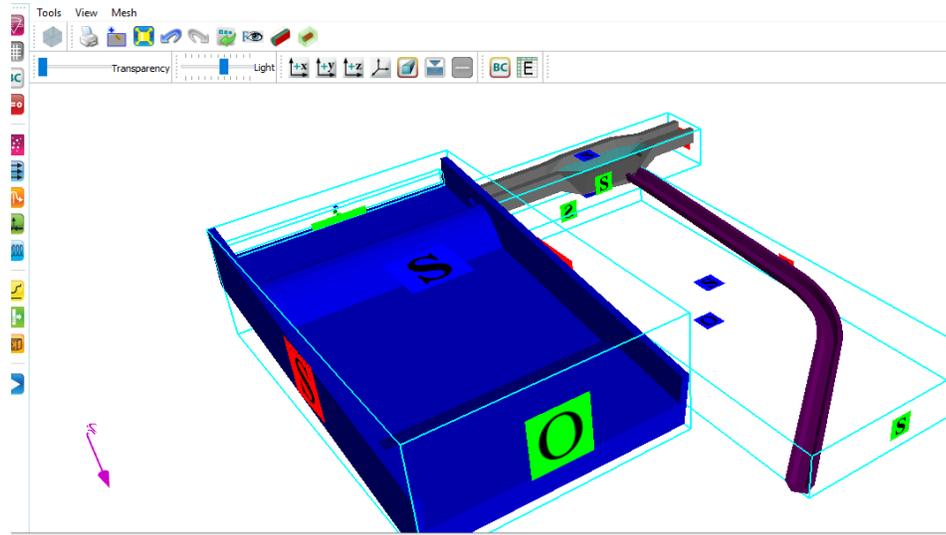
**Fuente: Autoría Propia**

Tal como se muestra en la imagen superior, se puede apreciar de manera detallada el modelo completo de la bocatoma, que incluye todos sus componentes entre ellos los muros de encausamiento, el barraje, el colchón disipador, el canal de purga, el canal de derivación y el desarenador.

Esta información se construye a través de los resultados obtenidos mediante los cálculos realizados teniendo en cuenta las recomendaciones y teorías establecidas por los criterios de diferente autores, cada uno intentando representar la realidad de una manera diferente, sin embargo todo esto requiere de alguna forma ser comprobado debido a la naturaleza anisotrópicas de los materiales, además sumado a ello cabe resaltar que cada proyecto de toma de agua es único y diferente, no existen 2 iguales, puesto que varía tanto en el caudal que se desea derivar, así como el emplazamiento y el caudal del río o quebrada de donde se está tomando.

Esta información o modelo computacional se exportará a Flow3D, para así evaluarlo y dar por sentado su respuesta frente a cargas dinámicas de agua.

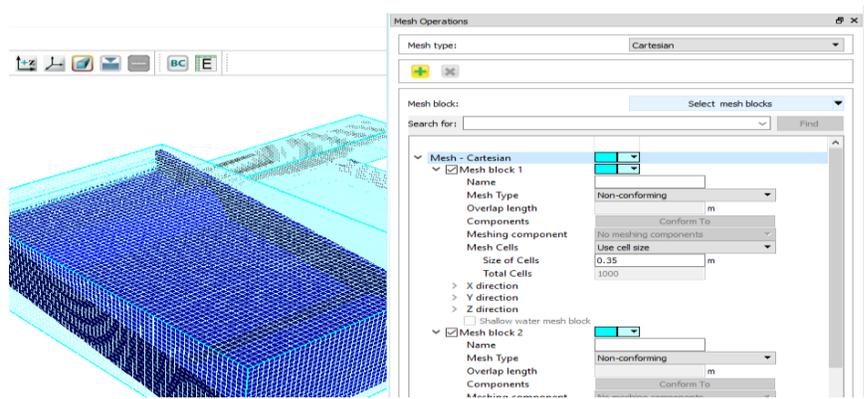
**Figura N° 20: Planteamiento del diseño en Flow 3D**



**Fuente: Autoría Propia**

Tal como se idealizó, se muestra en la imagen superior cada uno de los componentes de la bocatoma de un color diferente, pues son todos a su vez componentes de un sistema complejo que tiene como objetivo, captar agua de la quebrada, desarenarla y purgar de manera constante el sedimento que se pueda llegar a encontrar en la poza de recolección, como componentes del sistema de en la interfaz de flow 3D tenemos: Barraje y muros de encauzamiento, distintivamente coloreados en azul oscuro, seguido por el canal de derivación y desarenador conjuntamente coloreados con un tono bajo de gris, y finalmente tenemos el canal de purga, el cual ha sido coloreado de morado para distinguirlo del resto de componentes de la estructura.

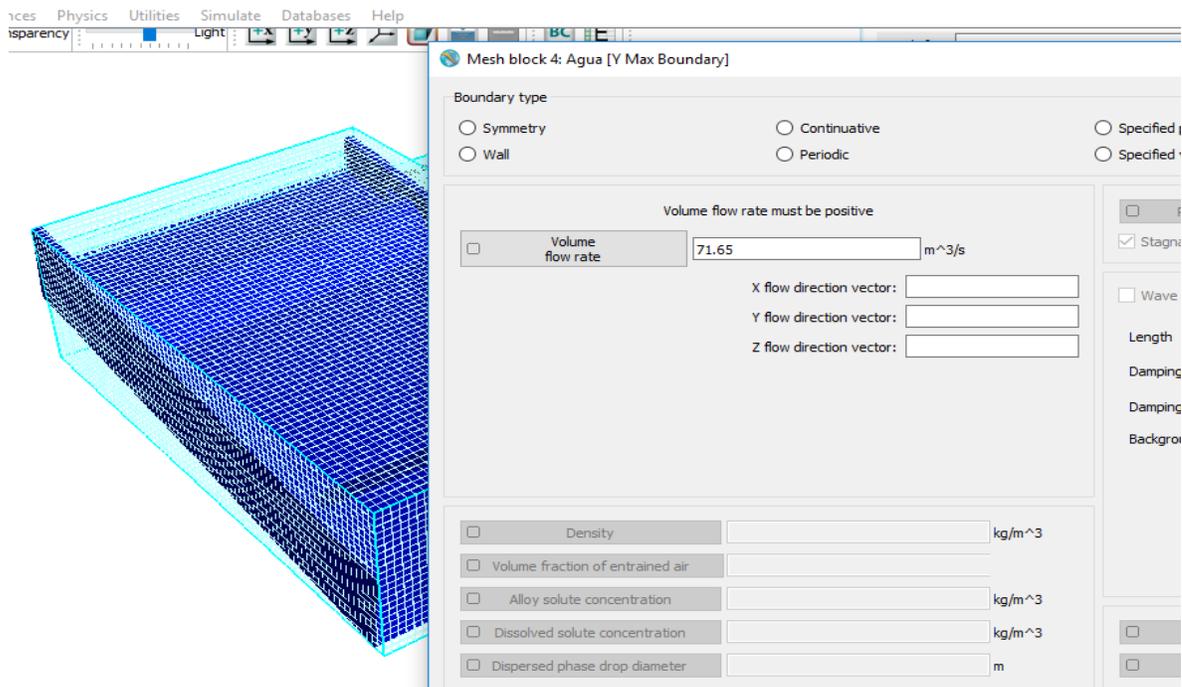
Figura N° 21: Establecimiento del mallado para la estructura



Fuente: Autoría Propia

La forma más adecuada para tener resultados certeros y casi representativos de la realidad es reducir el tamaño de malla, que al igual que las integrales, mientras más pequeño sea el Discretizado mucho más cerca estaremos del comportamiento del fluido, especialmente bajo situaciones turbulentas, en nuestro caso creemos pertinente establecer el ancho de malla de tres dimensiones en 0.35m de tamaño de celda.

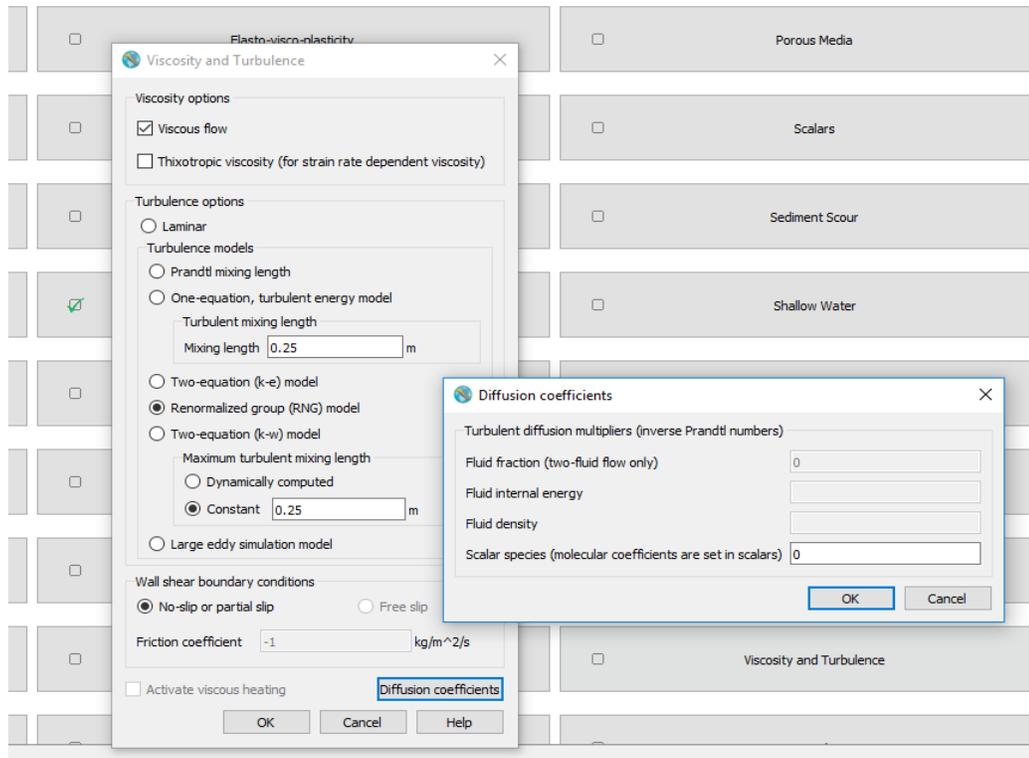
Figura N° 22: Configuración del caudal de ingreso a la estructura.



Fuente: Autoría Propia

Establecemos los parámetros requeridos para el modelamiento numérico, uno de ellos es la asignación del caudal circundante por la quebrada, y éste a su vez ahora transitará por el encauzamiento, dicho caudal se asigna en la sección Volume Flow rate con un valor de 71.65 m<sup>3</sup>/s.

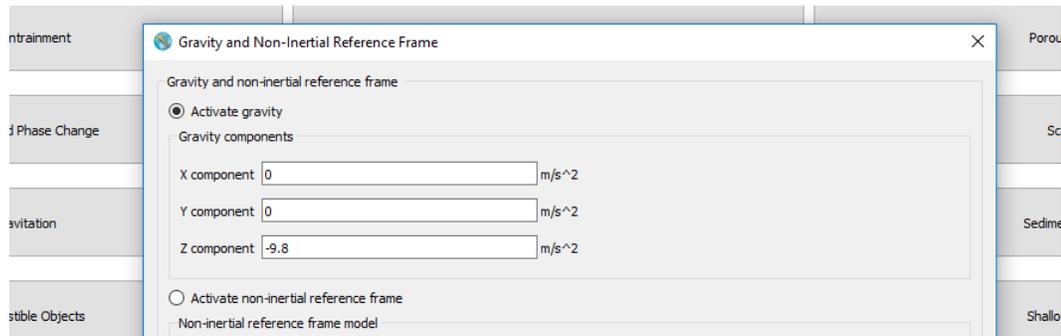
Figura N° 23: Configuración de los modelos de turbulencia



Fuente: Autoría Propia

Los modelos de turbulencia harán que los cálculos sean más precisos, en cuanto a la respuesta de la estructura y su interacción con el flujo de agua, pues nos permitirán estimar de manera mucho más precisa la altura de los resaltos y la formación de remolinos en algunos lugares de la estructura que entorpezcan su desempeño y funcionamiento, para este caso hemos considerado emplear el modelo de turbulencia Re normalizado (RGN), con un coeficiente de difusión molecular de tipo escalar igual a cero “0”.

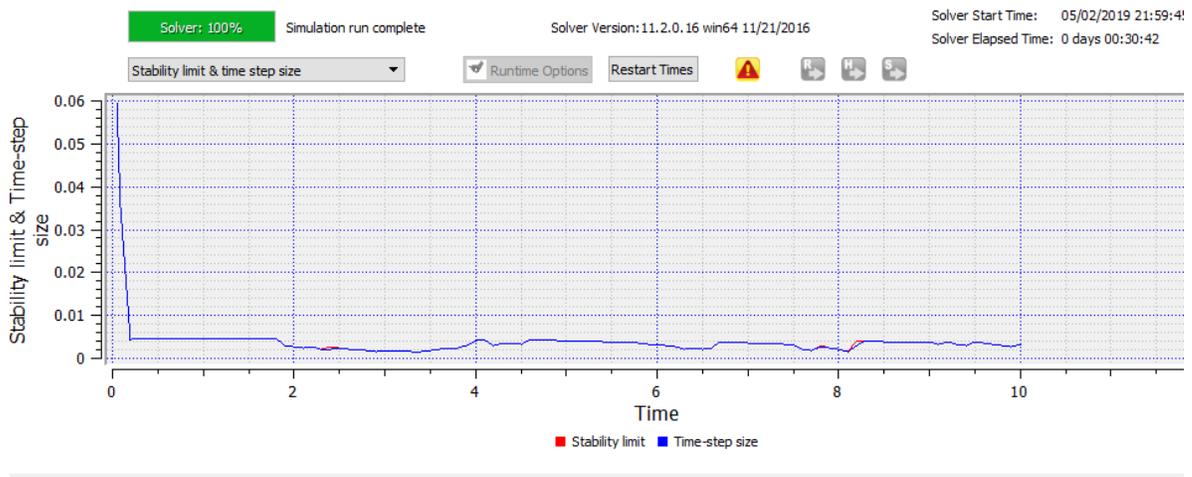
**Figura N° 24: Configuración de los parámetros físicos**



**Fuente: Autoría Propia**

Además, establecemos el valor de la aceleración Gravedad terrestre en  $9.8 \text{ m/s}^2$  negativo para el componente “Z”

**Figura N° 25: Cálculo de la estructura**

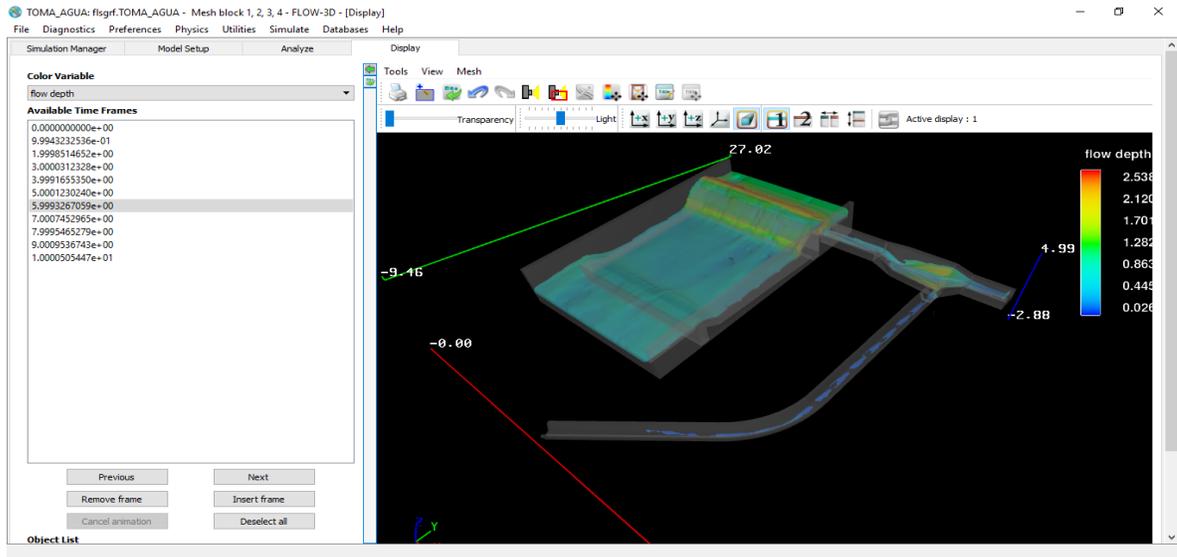


```
stprocessor starting  
constructing time edit index  
processing plot requests
```

**Fuente: Autoría Propia**

Finalmente procedemos a establecer el tiempo de simulación en 10 instantes de tiempo, cada uno de los cuales se nos va a representar en los resultados para el adecuado análisis de las estructuras en el display de resultados.

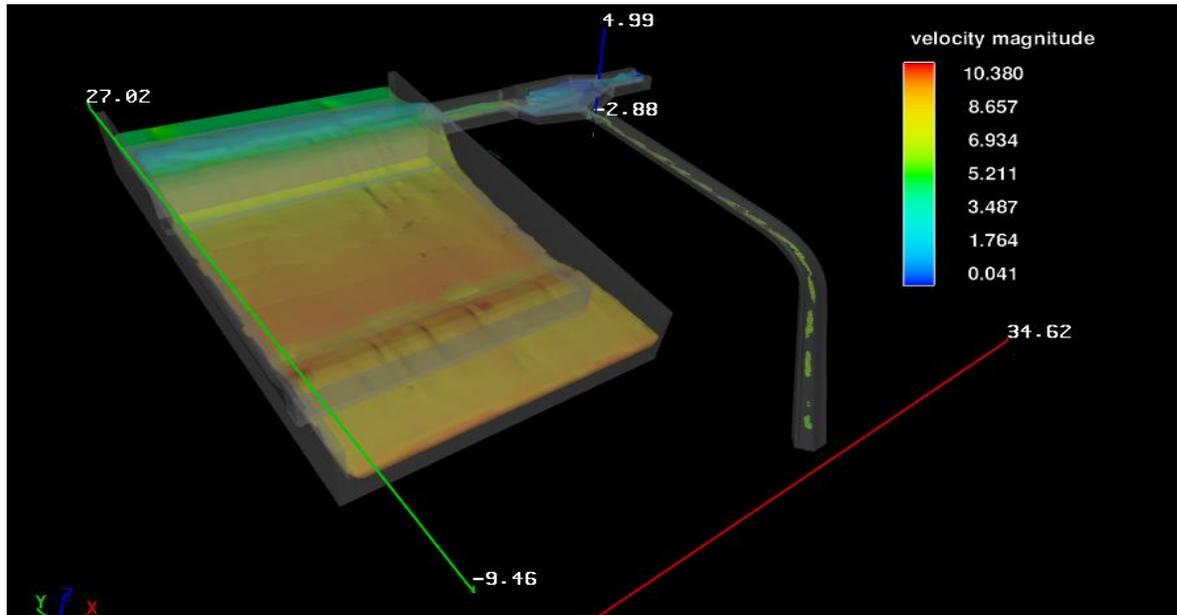
Figura N° 26: Altura de fluido



Fuente: Autoría Propia

Como se puede apreciar en la imagen superior tenemos los resultados para la altura de fluido en el instante  $t=6.00s$ , como se puede ver la altura de fluido en este instante de tiempo se encuentra en los intervalos de 0.02 m hasta 2.53 m de altura.

Figura N° 27: Velocidades en la estructura



Fuente: Autoría Propia

Las velocidades más grandes se pueden distinguir en colores que tienden a naranja y rojo, siendo este último el que representa el valor más alto del intervalo que está entre 8.657 y 10.380 m/s, estas velocidades están presentes en la parte del colchón disipador, aguas abajo del barraje, las velocidades más pequeñas las encontramos en el desarenador, que están en un rango de 1.764m/s a 0.041 m/s

Las velocidades nos pueden dar una idea de que tan vulnerables son ciertas partes de la estructura a la erosión, a dichos elementos que están expuestos a las velocidades elevadas deberán ser reforzados en su mezcla de vaciado con algún tipo de resina para evitar que se deteriore con mucha rapidez.

#### 4.2.3. DISEÑO DE LA CÁMARA DE CARGA

Una vez que los sedimentos más pesados han sido retenidos en el desarenador de purga continua, procedemos a trasladar el agua hacia una estructura donde se cargará en las tuberías proyectadas, ésta estructura contará con una válvula de purga, puesto que generalmente aquí se retienen cierta cantidad de sedimentos que no lograron retenerse en el desarenador.

#### Cálculo de la cámara de carga:

<b>CANAL DE INGRESO</b>				
Caudal	$Q_i$		0.113	$m^3/s$
Pendiente	$S_i$		0.026	m/m
Coeficiente de rugosidad	$n_i$		0.014	
Tirante de agua	$Y_i$		0.125	m
Radio hidráulico	$R_i$		0.080	m
Área hidráulica	$A_i$		0.056	$m^2$
Velocidad	$V_i$		2.018	m/s
	$Q_{imax}$		0.113	$m^3/s$
<b>TUBERÍA DE SALIDA</b>				
Caudal	$Q_s$		0.113	$m^3/s$
Pendiente	$S_s$		0.026	m/m
Coeficiente de rugosidad	$n_s$		0.010	
Diámetro interior	$\varnothing_s$	Asumido	0.260	m
Diámetro interior calculado	$\varnothing_s$	$(Q_s * n_s / (0.6318 * 0.3017))$	0.249	m
Aceleración de la gravedad	$g$		9.810	

"DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018"

DATOS:				
Caudal que ingresa a la C.C	Q		113.01	l/s
Caudal de diseño que ingresa a la C.C	Qi	1.20 Q	135.61	l/s
Caudal que sale de la C.C	Qs		113.01	l/s
Diámetro nominal de la tubería de salida	Dns		10	pulg.
Diámetro nominal de la tubería de salida	Dns		273.00	mm
Diámetro interior de la tubería de salida	Dis	Clase 7.5	259.60	mm
Aceleración de la gravedad	g		9.81	m/s <sup>2</sup>
Coeficiente de descarga de un orificio	Cd		0.80	

#### 4.2.3.1. DIMENSIONAMIENTO DE LA CÁMARA DE CARGA.

a) **Velocidad de salida**       $V_s = Q / A = 2.14 \text{ m/s}$

b) **Altura de la carga de agua**       $h_a = \text{asumido} = 0.60 \text{ m}$

$h_{a1} = V_s^2 / 2 g C_d^2 = 0.36 \text{ m}$

$h_{a2} = 1.20 h_{a1} = 0.44 \text{ m}$

$h_{a3} = \text{altura mínima} = 0.60 \text{ m} = 0.60 \text{ m}$

c) **Altura del fondo al eje de la tubería de salida**

$h_1 = \text{altura mínima} = 0.15 \text{ m} = 0.15 \text{ m}$

d) **Borde libre**  $h_2 = \text{altura mínima} = 0.30 \text{ m} = 0.30 \text{ m}$

e) **Altura total de la C.C**       $H = \text{Asumir el mayor } H_i = 1.00 \text{ m}$

$H_1 = h_a + h_1 + h_2 + D_{is}/2 = 1.18 \text{ m}$

$H_2 = 3/4 B = 0.90 \text{ m}$

f) **Longitud de la C.C**       $L = \text{Asumir el mayor } L_i = 1.40 \text{ m}$

$L_1 = h_{a1} / 0.30 = 1.21 \text{ m}$

$L_2 = 4/3 B = 1.60 \text{ m}$

**g) Ancho de la C.C**  $B =$  ancho mínimo = 1.00 m = 1.20 m

$$Q_1 = 84.95 \text{ l/s}$$

$$L_1 = 1.08 \text{ m}$$

$$Q_2 = 113.27 \text{ l/s}$$

$$L_2 = 1.10 \text{ m}$$

$$L \text{ interpolado} = 1.22 \text{ m}$$

**h) Volumen de carga de la C.C**  $V_{cc} = B \times L \times h_a = 1.01 \text{ m}^3$

#### 4.2.3.1.1. DETERMINACION DEL TIEMPO DE VACIADO DE LA C.C

**a) Area de la C.C**  $A_{cc} = B \times L = 1.68 \text{ m}^2$

**b) Area de la tubería de salida**  $A_s = \pi D^2 / 4 = 0.053 \text{ m}^2$

**c) Coeficiente de descarga de un orificio - calculado**

$$C_d = Q_s / (A_s \times (2 g h_a)^{0.5}) = 0.62$$

**d) Tiempo de vaciado de la C.C**

$$T_{\text{vaciado}} = 2 A_{cc} h_a^{0.5} / C_d A_s (2 g)^{0.5} = 17.84 \text{ s}$$

**e) Caudal que sale por la tubería al sistema**

$$Q_s = C_d A_s (2 g h_a)^{0.5} = 113.010 \text{ l/s}$$

#### 4.2.3.1.2. DETERMINACION DEL VOLUMEN DE AGUA CTE. EN LA C.C

**a) Volumen de agua que ingresa a la C.C**

$$V_i = Q_i \times T_{\text{vaciado}} = 2.42 \text{ m}^3$$

**b) Volumen de agua que sale de la C.C**

$$V_s = Q_s \times T_{\text{vaciado}} = 2.02 \text{ m}^3$$

**c) Volumen de agua constante en la C.C para T vaciado**

$$V_{\text{cte}} = V_i - V_s = 0.40 \text{ m}^3$$

**d) Altura generada por el exceso de volumen de agua**

$$H_{\text{exceso}} = V_{\text{cte}} / (B \times L) = 0.24 \text{ m}$$

**4.2.3.2. DIMENSIONAMIENTO DE LA PANTALLA SUMERGIDA O VERTEDOR**

**Longitud de ubicación de la pantalla**

$$L_P = 2L/3 = 0.93 \text{ m}$$

$$\text{Altura de pantalla } HP_1 = B/2 = 0.50 \text{ m}$$

$$\text{Altura de pantalla } HP_2 = 80\% \text{ de } H = 0.80 \text{ m}$$

**4.2.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE LA CANASTILLA**

**a) Diámetro de la canastilla**

$$D_c = 2 D = 6 \text{ pulg.}$$

**b) Diámetro de la canastilla**

$$D_c = 2 D = 148.40 \text{ mm}$$

**c) Longitud de la canastilla**

$$L_c = \text{longitud asumida: } 0.45 \text{ m}$$

$$L_{c1} = 3 D_c = 0.45 \text{ m}$$

$$L_{c2} = 6 D_c = 0.90 \text{ m}$$

**d) Ancho de la ranura u orificios de la canastilla**

$$A_r = 5.00 \text{ mm}$$

**e) Largo de la ranura u orificios de la canastilla**

$$L_r = 80.00 \text{ mm}$$

**f) Area de las ranuras u orificios de la canastilla**

$$A_r = 4.00 \text{ cm}^2$$

**g) Area de la tubería de salida**

$$A_c = \pi (D_i / 2)^2 = 529.30 \text{ cm}^2$$

**h) Area total de las ranuras u orificios de la canastilla**

$$A_t = \text{Asumimos el menor: } 333.90 \text{ cm}^2$$

$$A_{t1} = 2 A_c = 1,058.59 \text{ cm}^2$$

$$A_{t2} = 0.50 D_c L_c = 333.90 \text{ cm}^2$$

**i) Número de ranuras u orificios de la canastilla**

$$N_{\text{ranuras}} = A_t / A_r = 84.00 \text{ ranuras}$$

**4.2.3.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE REBOSE Y LIMPIA**

**a) Altura de la tubería de rebose**

$$H_{\text{rebose}} = h_1 + h_a + D_s/2 = 0.88 \text{ m}$$

**b) Coeficiente de rugosidad de Hazen-Williams**

$$C: \text{ para PVC} = 150.00$$

**c) Pérdida de carga unitaria**

$$J: \text{ se considera pendientes de } 1\% - 1.5\% = 0.010 \text{ m/m}$$

**d) Diámetro interior de la tubería de rebose y limpieza**

$$D_r: \text{ asumido} = 59.80 \text{ mm}$$

$$D_{r1} = ((Q / 0.2788 C J^{0.54})^{1/2.63} = 0.147 \text{ m}$$

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

$$Dr2= 1000 \quad Dr1= 147.35 \quad \text{mm}$$

$$Dr3= Dr1 / 0.0254= 5.80 \quad \text{pulg.}$$

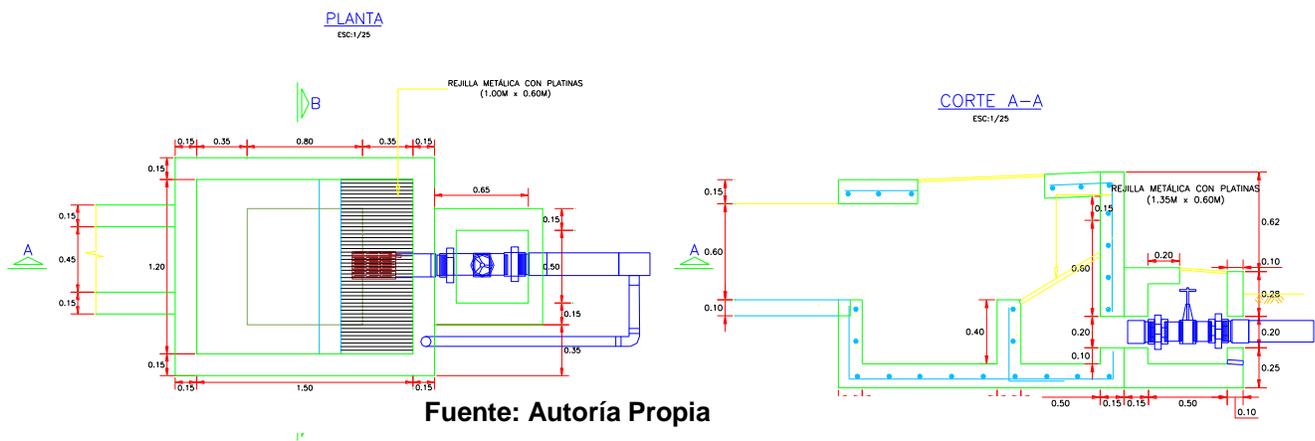
**e) Diámetro nominal de la tubería de rebose y limpieza (Asumido).**

$$Dnr= 2.00 \quad \text{pulg.}$$

Clase de la tubería: Clase 5.00

Cono de rebose=  $DdxDnr= 3" \times 2"$  pulg

**Figura N° 28: Esquema en planta y perfil de la Cámara de Carga**



### **4.3. DISEÑO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE**

#### **4.3.1. MEZCLA RAPIDA EN CANAL RECTANGULAR**

**1) Cálculo del mezclador rápido:**

**2) Caudal de diseño (L/s)**

$$(Q)= 113.01 \quad q = Q / B= 0.161 \quad \text{Caudal unitario (m}^3\text{/s/m)}$$

$$\text{Ancho del canal (m); (B)= 0.70}$$

**3) Longitud del plano inclinado (m);**

$$(X) = 1.50 \quad \theta = \arctg (E_o / X) = 18.43^\circ \quad \text{Angulo de inclinación de la rampa}$$

$$\text{Altura de la rampa (m); } (E_o) = 0.50$$

**4) Número de Froude antes del resalto**

$$(F) = 5.00 \quad K = (F + \cos \theta / (2 F)) \cos \theta = 4.83 \quad \text{Factor de resolución de las ecuaciones}$$

$$\varphi = \arccos [F^2 / (2 F K / 3)^{1.5}] = 67.26$$

$$a = (8 F K / 3)^{0.5} \cos (\varphi / 3) = 7.42$$

Relación alturas antes y después del resalto

$$d_1 = (q^2 / (F^2 g))^{1/3} = 0.047 \quad \text{Altura antes del resalto (m)}$$

$$h_1 = d_1 / \cos \theta = 0.050 \quad \text{Profundidad antes del resalto (m)}$$

$$V_1 = q / h_1 = 3.233 \quad \text{Velocidad al inicio del resalto (m/s)}$$

$$F = V_1 / (g h_1)^{0.5} = 4.620 \quad \text{Número de Froude (comprobación)}$$

$$h_2 = d_2 = a d_1 = 0.352 \quad \text{Profundidad después del resalto (m)}$$

$$L = 6 (h_2 - h_1) = 1.809 \quad \text{Longitud del resalto (m)}$$

$$h_f = (h_2 - h_1)^3 / (4 h_1 h_2) = 0.391 \quad \text{Pérdida de carga (m)}$$

$$V = L B ( h_1 + h_2 ) / 2 = 0.254 \text{ Volumen del resalto (m}^3\text{)}$$

$$T = V / Q = 2.250 \text{ Tiempo de mezcla (s)}$$

**Temperatura promedio del agua (°C);**

$$(T) = 18 \quad \gamma = 998.62 \quad \text{Peso específico del agua (Kg/m}^3\text{)}$$

$$M = 0.00011 \quad \text{Viscosidad dinámica (Kg.s/m}^2\text{)}$$

$$G = [ ( \gamma / \mu ) ( Q h_f / V ) ]^{0.5} = 1,267 \text{ Gradiente de velocidad (s}^{-1}\text{)}$$

$$h = h_2 / 6 = 0.059 \text{ Altura de la grada al final del resalto (m)}$$

$$h_3 = ( q / 1.838 )^{2/3} = 0.197 \text{ Altura de agua en el vertedero (m)}$$

$$E_o + h_3 = 0.697 \text{ Comprobación de la igualdad (m)}$$

$$h_f + h_2 = 0.742$$

**5) Cálculo del difusor**

**6) Separación de orificios del difusor (m);**

$$(e) = 0.10$$

$$N = B / e = 7 \quad \text{Número de orificios en el difusor}$$

**7) Diámetro del orificio (plg);**

$$(d_o) = 0.50$$

$$A_o = \pi d_o^2 / 4 = 1.27 \text{ Area del orificio (cm}^2\text{)}$$

### 8) Dosis óptima coagulante (mg/L);

$$(D) = 55 \quad q_s = Q D / C = 0.25 \text{ Caudal de solución de coagulante a aplicar (L/s)}$$

Concentración óptima de coagulante (C)

$$\text{Concentración óptima coagulante (\%); (C)} = 2.50$$

$$q_o = q_s / N = 0.036 \text{ Caudal por orificio (L/s)}$$

$$V_o = q_o / A_o = 0.280 \text{ Velocidad en el orificio (m/s)}$$

### 9) Coeficiente distribución de velocidades

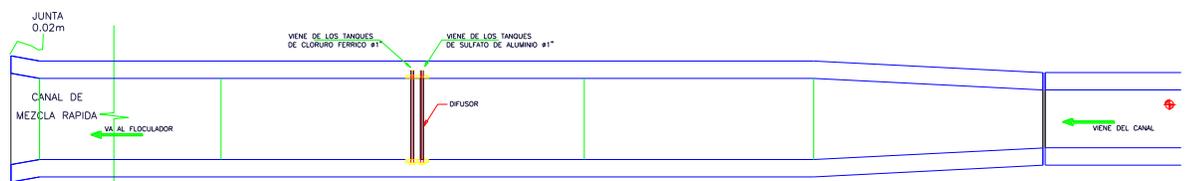
$$(R) = 0.46 \quad V_d = V_o / R = 0.61 \text{ Velocidad en la tubería del difusor (m/s)}$$

$$A_d = q_s / V_d = 4.08 \text{ Area de la tubería del difusor (cm}^2\text{)}$$

$$D_d = (4 A_d / \pi)^{0.5} = 0.90 \text{ Diámetro del difusor (plg)}$$

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

Figura N° 29: Esquema en planta del canal de mezcla rápida



Fuente: Autoría Propia

### 4.3.2. FLOCULADOR VERTICAL

Paso	Datos	Cantidad	Criterios	Cálculos	Resultados
1	<b>Datos generales para el diseño</b>				
2	Caudal de diseño (L/s); (Q)	113.01			
3	Altura de agua (m); (H)	3.50			
4	Longitud de cada zona de floculación (m); (L)	7.55			
5	Espesor de pantallas de canales (plg); (e)	0.05			
6	Canales en cada zona de floculación ( $n_C$ )	16			
7			$b_1 = [ L - ( n_C - 1 ) e ] / n_C$	0.425	Ancho de canales de zona de floculación (m)
8			$b'_1 = 1.5 b_1$	0.638	Ancho vuelta del canal de zona floculación (m)
9	Coefficiente de rugosidad de canal (n)	0.013			
10	Ancho de pase zona de floculación (m); (B')	0.42			
11	Temperatura promedio del agua (°C)	18.0	$\gamma$	998.62	Peso específico del agua (Kg/m <sup>3</sup> )
12			$\mu$	0.00011	Viscosidad dinámica del agua (Kg.s/m <sup>2</sup> )

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

13	<b>Primera zona de floculación</b>				
14	Ancho de 1ra. zona (m); ( $B_1$ )	0.78	$V_1 = Q / ( b B_1 )$	0.341	Velocidad en canal de 1ra. zona (m/s)
15			$V'_1 = Q / ( b' B_1 )$	0.227	Velocidad en vuelta de canal 1ra. zona (m/s)
16			$R_1 = b B_1 / ( 2 B_1 + 2 b )$	0.138	Radio hidráulico de 1ra. zona (m)
17			$S_1 = ( V_1 n / R_1^{2/3} )^2$	0.277	Gradiente hidráulica de la 1ra. zona (‰)
18			$L_{t1} = n_c H$	56.00	Longitud total de canales 1ra. zona (m)
19			$hf_1 = S_1 L_1$	0.015	Pérdida de carga en canales 1ra. zona (m)
20			$hf'_1 = [ ( n_c + 1 ) V_1^2 + n_c V'^2_1 ] / ( 2 g )$	0.143	Pérdida de carga en vueltas 1ra. zona (m)
21			$hf_{t1} = hf_1 + hf'_1$	0.158	Pérdida de carga total en 1ra. zona (m)
22			$T_1 = L_{t1} / V_1 + ( n_c - 1 ) e / V'_1$	2.74	Tiempo de floculación en 1ra. zona (min)
23			$G_1 = [ ( \gamma / \mu ) ( hf_{t1} / T_1 ) ]^{0.5}$	94.3	Gradiente de velocidad en 1ra. zona ( $s^{-1}$ )
24			$G'_1 = ( \gamma S_1 V_1 / \mu )^{0.5}$	29.5	Gradiente de velocidad canal 1ra. zona ( $s^{-1}$ )
25	Altura del pase de 1ra. zona (m); ( $h_1$ )	0.74	$R'_1 = h_1 B' / ( 2 h_1 + B' )$	0.164	Radio hidráulico del pase de 1ra. zona (m)
26			$V'_1 = Q / ( h_1 B' )$	0.364	Velocidad en pase de 1ra. zona (m/s)
27			$S'_1 = ( V'_1 n / R'^{2/3}_1 )^2$	0.250	Gradiente hidráulica en pase 1ra. zona (‰)
28			$G_{P1} = ( \gamma S'_1 V'_1 / \mu )^{0.5}$	29.0	Gradiente de velocidad, pase 1ra. zona ( $s^{-1}$ )

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

29	<b>Segunda zona de floculación</b>				
30	Ancho de 2da. zona (m); (B <sub>2</sub> )	1.18	$V_2 = Q / ( b B_2 )$	0.225	Velocidad en canal de 2da. zona (m/s)
31			$V'_2 = Q / ( b' B_2 )$	0.150	Velocidad en vuelta de canal 2da. zona (m/s)
32			$R_2 = b B_2 / ( 2 B_2 + 2 b )$	0.156	Radio hidráulico de 2da. zona (m)
33			$S_2 = ( V_2 n / R_2^{2/3} )^2$	0.102	Gradiente hidráulica de la 2da. zona (‰)
34			$Lt_2 = n_c H$	56.00	Longitud total de canales 2da. zona (m)
35			$hf_2 = S_2 L_2$	0.006	Pérdida de carga en canales 2da. zona (m)
36			$hf'_2 = [ ( n_c + 1 ) V_2^2 + n_c V'^2_2 ] / ( 2 g )$	0.062	Pérdida de carga en vueltas 2da. zona (m)
37			$hf_{t2} = hf_2 + hf'_2$	0.068	Pérdida de carga total en 2da. zona (m)
38			$T_2 = Lt_2 / V_2 + ( n_c - 1 ) e / V_2$	4.14	Tiempo de floculación en 2da. zona (min)
39			$G_2 = [ ( \gamma / \mu ) ( hf_{t2} / T_2 ) ]^{0.5}$	50.3	Gradiente de velocidad en 2da. zona (s <sup>-1</sup> )
40			$G'_2 = ( \gamma S_2 V_2 / \mu )^{0.5}$	14.6	Gradiente de velocidad canal 2da. zona (s <sup>-1</sup> )
41	Altura del pase de 2da. zona (m); (h <sub>2</sub> )	1.13	$R'_2 = h_2 B' / ( 2 h_2 + B' )$	0.177	Radio hidráulico del pase de 2da. zona (m)
42			$V'_2 = Q / ( h_2 B' )$	0.238	Velocidad en pase de 2da. zona (m/s)
43			$S'_2 = ( V_2 n / R_2^{2/3} )^2$	0.096	Gradiente hidráulica en pase 2da. zona (‰)
44			$G_{p2} = ( \gamma S'_2 V'_2 / \mu )^{0.5}$	14.6	Gradiente de velocidad, pase 2da. zona (s <sup>-1</sup> )

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

45	<b>Tercera zona de floculación</b>				
46	Ancho de 3ra. zona (m); (B <sub>3</sub> )	1.52	$V_3 = Q / ( b B_3 )$	0.175	Velocidad en canal de 3ra. zona (m/s)
47			$V'_3 = Q / ( b' B_3 )$	0.117	Velocidad en vuelta de canal 3ra. zona (m/s)
48			$R_3 = b B_3 / ( 2 B_3 + 2 b )$	0.166	Radio hidráulico de 3ra. zona (m)
49			$S_3 = ( V_3 n / R_3^{2/3} )^2$	0.057	Gradiente hidráulica de la 3ra. zona (‰)
50			$L_3 = n_C H$	56.00	Longitud total de canales 3ra. zona (m)
51			$hf_3 = S_3 L_3$	0.003	Pérdida de carga en canales 3ra. zona (m)
52			$hf'_3 = [ ( n_C + 1 ) V_3^2 + n_C V'^2_3 ] / ( 2 g )$	0.038	Pérdida de carga en vueltas 3ra. zona (m)
53			$hf_{t3} = hf_3 + hf'_3$	0.041	Pérdida de carga total en 3ra. zona (m)
54			$T_3 = L_3 / V_3 + ( n_C - 1 ) e / V_3$	5.34	Tiempo de floculación en 3ra. zona (min)
55			$G_3 = [ ( \gamma / \mu ) ( hf_{t3} / T_3 ) ]^{0.5}$	34.3	Gradiente de velocidad en 3ra. zona (s <sup>-1</sup> )
56			$G'_3 = ( \gamma S_3 V_3 / \mu )^{0.5}$	9.6	Gradiente de velocidad canal 3ra. zona (s <sup>-1</sup> )
57	Altura del pase de 3ra. zona (m); (h <sub>3</sub> )	1.47	$R'_3 = h_3 B' / ( 2 h_3 + B' )$	0.184	Radio hidráulico del pase de 3ra. zona (m)
58			$V'_3 = Q / ( h_3 B' )$	0.183	Velocidad en pase de 3ra. zona (m/s)
59			$S'_3 = ( V_3 n / R_3^{2/3} )^2$	0.054	Gradiente hidráulica en pase 3ra. zona (‰)
60			$G_{P3} = ( \gamma S'_3 V'_3 / \mu )^{0.5}$	9.6	Gradiente de velocidad, pase 3ra. zona (s <sup>-1</sup> )

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

61	<b>Cuarta zona de floculación</b>				
62	Ancho de 4ta. zona (m); (B <sub>4</sub> )	1.84	$V_4 = Q / ( b B_4 )$	0.145	Velocidad en canal de 4ta. zona (m/s)
63			$V'_4 = Q / ( b' B_4 )$	0.096	Velocidad en vuelta de canal 4ta. zona (m/s)
64			$R_4 = b B_4 / ( 2 B_4 + 2 b )$	0.173	Radio hidráulico de 4ta. zona (m)
65			$S_4 = ( V_4 n / R_4^{2/3} )^2$	0.037	Gradiente hidráulica de la 4ta. zona (‰)
66			$Lt_4 = n_c H$	56.00	Longitud total de canales 4ta. zona (m)
67			$hf_4 = S_4 L_4$	0.002	Pérdida de carga en canales 4ta. zona (m)
68			$hf'_4 = [ ( n_c + 1 ) V_4^2 + n_c V'_4^2 ] / ( 2 g )$	0.026	Pérdida de carga en vueltas 4ta. zona (m)
69			$hf_{t4} = hf_4 + hf'_4$	0.028	Pérdida de carga total en 4ta. zona (m)
70			$T_4 = Lt_4 / V_4 + ( n_c - 1 ) e / V_4$	6.46	Tiempo de floculación en 4ta. zona (min)
71			$G_4 = [ ( \gamma / \mu ) ( hf_{t4} / T_4 ) ]^{0.5}$	25.7	Gradiente de velocidad en 4ta. zona (s <sup>-1</sup> )
72			$G'_4 = ( \gamma S_4 V_4 / \mu )^{0.5}$	7.0	Gradiente de velocidad canal 4ta. zona (s <sup>-1</sup> )
73	Altura del pase de 4ta. zona (m); (h <sub>4</sub> )	1.80	$R'_4 = h_4 B' / ( 2 h_4 + B' )$	0.188	Radio hidráulico del pase de 4ta. zona (m)
74			$V'_4 = Q / ( h_4 B' )$	0.149	Velocidad en pase de 4ta. zona (m/s)
75			$S'_4 = ( V_4 n / R_4^{2/3} )^2$	0.035	Gradiente hidráulica en pase 4ta. zona (‰)
76			$G_{P4} = ( \gamma S'_4 V'_4 / \mu )^{0.5}$	7.0	Gradiente de velocidad, pase 4ta. zona (s <sup>-1</sup> )

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

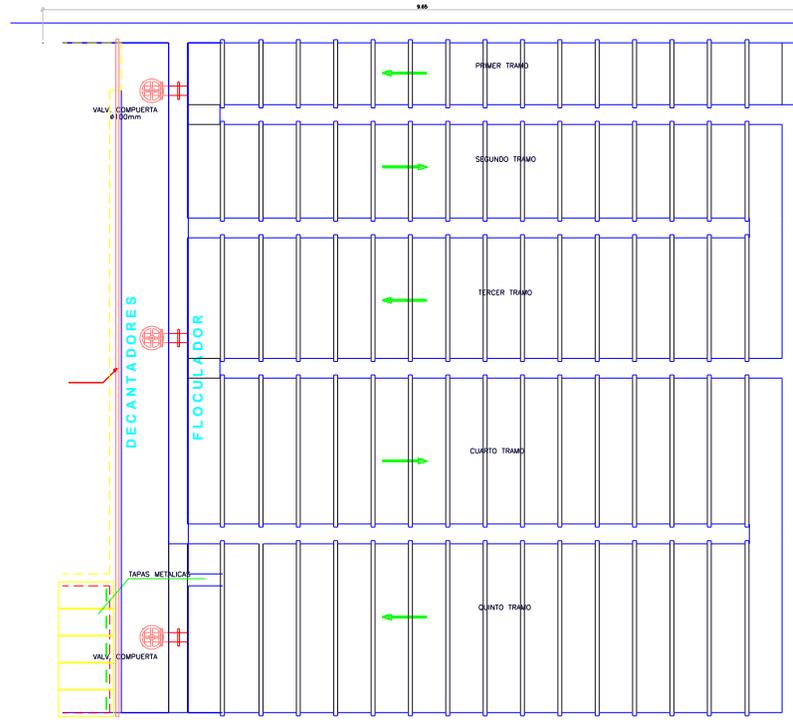
77	<b>Quinta zona de floculación</b>				
78	Ancho de 5ta. zona (m); (B <sub>5</sub> )	2.13	$V_5 = Q / ( b B_5 )$	0.125	Velocidad en canal de 5ta. Zona (m/s)
79			$V'_5 = Q / ( b' B_5 )$	0.083	Velocidad en vuelta de canal 5ta. zona (m/s)
80			$R_5 = b B_5 / ( 2 B_5 + 2 b )$	0.177	Radio hidráulico de 5ta. Zona (m)
81			$S_5 = ( V_5 n / R_5^{2/3} )^2$	0.026	Gradiente hidráulica de la 5ta. zona (‰)
82			$L_5 = n_c H$	56.00	Longitud total de canales 5ta. zona (m)
83			$hf_5 = S_5 L_5$	0.001	Pérdida de carga en canales 5ta. zona (m)
84			$hf'_5 = [ ( n_c + 1 ) V_5^2 + n_c V'^2_5 ] / ( 2 g )$	0.019	Pérdida de carga en vueltas 5ta. zona (m)
85			$hf_{f5} = hf_5 + hf'_5$	0.021	Pérdida de carga total en 5ta. zona (m)
86			$T_5 = L_5 / V_5 + ( n_c - 1 ) e / V_5$	7.48	Tiempo de floculación en 5ta. zona (m)
87			$G_5 = [ ( \gamma / \mu ) ( hf_{f5} / T_5 ) ]^{0.5}$	20.6	Gradiente de velocidad en 5ta. zona (s <sup>-1</sup> )
88			$G'_5 = ( \gamma S_5 V_5 / \mu )^{0.5}$	5.5	Gradiente de velocidad canal 5ta. zona (s <sup>-1</sup> )
89	<b>Resultados generales</b>				
90			$hf = hf_{f1} + hf_{f2} + hf_{f3} + hf_{f4} + hf_{f5}$	0.316	Pérdida de carga total (m)
91			$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5$	26.16	Tiempo de floculación total (min)

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

92	<b>Canal de conducción de agua floculada</b>				
93	Ancho del canal (m); (Bc)	0.60	$Ac = Bc Hc$	0.540	Área del canal de agua floculada (m <sup>2</sup> )
94	Altura de agua del canal (m); (Hc)	0.90			
95			$Vc = Q / Ac$	0.209	Velocidad en canal de agua floculada (m/s)
96			$Pc = 2 Hc + Bc$	2.400	Perímetro del canal de agua floculada (m)
97			$Rc = Ac / Pc$	0.225	Radio hidráulico de canal (m)
98			$Sc = ( Vc n / Rc^{2/3} )^2$	0.054	Gradiente hidráulica en canal (‰)
99			$Gc = ( \gamma Sc Vc / \mu )^{0.5}$	10.2	Gradiente de velocidad canal de floculac. (s <sup>-1</sup> )

**Figura N° 30: Esquema en planta del Floculador Vertical**



**Fuente: Autoría Propia**

#### 4.3.2.1. DECANTADOR LAMINAR CON PLACAS INCLINADAS - CANAL DE DISTRIBUCIÓN

Paso	Datos	Cantidad	Criterios	Cálculos	Resultados
1	<b>Características del canal de distribución</b>				
2	Caudal (L/s); (Q)	113.01	$Q_d = Q / N_d$	56.51	Caudal de ingreso a cada decantador (L/s)
	Número de decantadores (Nd)	2.00			
3	Ancho del canal (m); (B)	0.60	$A_i = B H_i$	0.54	Area inicial del canal (m <sup>2</sup> )
	Altura inicial de agua en el canal (m); (Hi)	0.90			
4			$V_i = Q / A_i$	0.209	Velocidad inicial en el canal (m/s)
5	Altura final de agua en el canal (m); (Hf)	0.40	$A_f = B H_f$	0.240	Area final del canal (m <sup>2</sup> )
6			$V_f = ( Q / N_d ) / A_f$	0.235	Velocidad final en el canal (m/s)
7	<b>Características de la compuerta de ingreso al decantador</b>				
8	Altura de la compuerta (m); (h)	0.35	$A_o = b h$	0.21	Area de la compuerta de ingreso al decantador (m <sup>2</sup> )
	Base de la compuerta (m); (b)	0.60			
9			$V_o = Q_d / A_o$	0.269	Velocidad compuerta de ingreso (m/s)
10			$P_o = b + 2 h$	1.300	Perímetro mojado de la compuerta (m)
11			$R_o = A_o / P_o$	0.162	Radio hidráulico de compuerta ingreso (m)
12	Coefficiente rugosidad de Manning (n)	0.013	$S = ( V_o n / R_o^{2/3} )^2$	0.139	Gradiente hidráulica (‰)
13	Temperatura promedio del agua (°C)	18	$\gamma$	998.62	Peso específico del agua (kg/m <sup>3</sup> )
14			$\mu$	0.00011	Viscosidad dinámica del agua (kg.s/m <sup>2</sup> )
15			$G = ( \gamma S V_o / \mu )^{0.5}$	18.6	Gradiente de velocidad en la compuerta (s <sup>-1</sup> )

"DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018"

16	<b>Determinación de los caudales por cada compuerta de ingreso a los decantadores</b>							
17	Longitud canal sección variable (m); (L)	5.100	$H_1 = H_f + (L - L_1) (H_i - H_f) / L$			0.885	Altura del canal, para el primer lateral (m)	
	Distancia al primer lateral (m); (L <sub>1</sub> )	0.150						
18			$A_1 = B H_1$			0.531	Área del canal, para el primer lateral (m <sup>2</sup> )	
19			$Q_{c1} = Q$			113.01	Caudal en canal, para el primer lateral (L/s)	
20			$V_{c1} = Q_1 / A_1$			0.213	Velocidad en canal del primer lateral (m/s)	
21	Factor $\varphi_1$ de Hudson	1.67	$F_1 = (1 + \varphi_1 (V_{c1} / V_c)^2 + \varphi_2)^{-1/2}$			0.604	Factor de velocidad, para el primer lateral	
	Factor $\varphi_2$ de Hudson	0.70						
22			$V_1 = Q F_1 / (A_o \Sigma F_i)$			0.267	Velocidad en el primer lateral (m/s)	
23			$Q_1 = V_1 A_o$			56.13	Caudal en el primer lateral (L/s)	
24								
	Lateral	L <sub>i</sub> (m)	B <sub>i</sub> (m)	H <sub>i</sub> (m)	A <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	Q <sub>c<sub>i</sub></sub> (lps)	V <sub>c<sub>i</sub></sub> (m/s)	F <sub>i</sub>
	1	0.15	0.60	0.885	0.531	113.01	0.213	0.604
	2	4.50	0.60	0.459	0.275	56.51	0.205	0.612
								1.215
	Lateral	V <sub>i</sub> (m/s)	Q <sub>i</sub> (lps)					
	1	0.267	56.13					
	2	0.271	56.88					
			113.01					
25						56.88	Caudal máximo en el lateral (L/s)	
26						56.13	Caudal mínimo en el lateral (L/s)	
27						1.34	Diferencia máxima de caudal de laterales (%)	
28					$\beta_1 = F_1^{-1}$	1.66	Coeficiente de pérdida de carga en compuerta	
29					$hf_1 = \beta_1 V_1^2 / (2g)$	0.60	Pérdida de carga en las compuertas (cm)	

#### 4.3.2.2. DECANTADOR LAMINAR CON PLACAS INCLINADAS - CANAL CENTRAL DE DISTRIBUCIÓN

Paso	Datos	Cantidad	Criterios	Cálculos	Resultados
1	<b>Características del canal central de distribución</b>				
2	Caudal (L/s); (Q)	113.01	$Q_d = Q / N_d$	56.51	Caudal de ingreso a cada decantador (L/s)
	Número de decantadores (N <sub>d</sub> )	2.00			
3	Ancho canal central (m); (B <sub>L</sub> )	0.60	$B = B_L / N_L$	0.30	Ancho del canal para cada lado con orificios (m)
	Lados con orificios de canal central (N <sub>L</sub> )	2			
4	Altura inicial de agua en el canal (m); (H <sub>i</sub> )	2.25	$A_i = B H_i$	0.675	Area inicial de canal a cada lado (m <sup>2</sup> )
5			$V_i = ( Q_d / N_L ) / A_i$	0.042	Velocidad inicial canal a cada lado (m/s)
6	Altura final de agua en canal central (m); (H <sub>f</sub> )	0.60	$A_f = B H_f$	0.180	Area final del canal a cada lado (m <sup>2</sup> )
7	Número orificios a cada lado de canal (N <sub>o</sub> )	27	$Q_o = Q_d / ( N_L N_o )$	1.046	Caudal por cada orificio del canal central (L/s)
8			$V_f = Q_o / A_f$	0.006	Velocidad final en canal central (m/s)
9	<b>Características de los orificios del canal central</b>				
10	Diámetro de orificios (mm); (D <sub>o</sub> )	100.0	$A_o = \pi D_o^2 / 4$	0.0079	Area del orificio del canal central (m <sup>2</sup> )
11			$V_o = Q_o / A_o$	0.133	Velocidad en orificio del canal central (m/s)
12			$R = D_o / 4$	0.025	Radio hidráulico de tubería del orificio (m)
13	Coefficiente rugosidad de Manning (n)	0.010	$S = ( V_o n / R^{2/3} )^2$	0.243	Gradiente hidráulica en el orificio (‰)
14	Temperatura promedio del agua (°C)	18	$\gamma$	998.62	Peso específico del agua (kg/m <sup>3</sup> )
15			$\mu$	0.00011	Viscosidad dinámica del agua (kg.s/m <sup>2</sup> )
16			$G = ( \gamma S V_o / \mu )^{0.5}$	17.29	Gradiente de velocidad en el orificio (s <sup>-1</sup> )

"DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018"

17	<b>Determinación de los caudales de ingreso por cada orificio</b>							
18	Longitud canal sección variable (m); (L)	12.85	$H_1 = H_f + (L - L_1) (H_i - H_f) / L$			2.600	Altura del canal, para el primer orificio (m)	
	Distancia al primer lateral (m); (L <sub>1</sub> )	0.200						
19			$Ac_1 = B H_1$			0.780	Area del canal, para el primer orificio (m <sup>2</sup> )	
20			$Q_{c1} = Q_d / N_L$			28.25	Caudal en canal hasta el primer orificio (L/s)	
21			$V_{c1} = Q_{c1} / Ac_1$			0.036	Velocidad canal hasta primer orificio (m/s)	
22	Factor $\varphi_1$ de Hudson	1.67	$F_1 = (1 + \varphi_1 (V_{c1} / V_o)^2 + \varphi_2)^{-1/2}$			0.741	Factor de velocidad, para el primer orificio	
	Factor $\varphi_2$ de Hudson	0.70						
23			$V_1 = (Q_d / N_L) F_1 / (A_o \Sigma F_i)$			0.132	Velocidad en el primer lateral (m/s)	
24			$Q_1 = V_1 A_o$			1.037	Caudal en el primer lateral (L/s)	
25	Distancia entre orificios (m)	0.475						
26								
	Lateral	L <sub>i</sub> (m)	B <sub>i</sub> (m)	H <sub>i</sub> (m)	A <sub>i</sub> (m)	Q <sub>c<sub>i</sub></sub> (lps)	V <sub>c<sub>i</sub></sub> (m/s)	F <sub>i</sub>
	1	0.200	0.300	2.600	0.780	28.25	0.036	0.7406
	2	0.675	0.300	2.600	0.780	27.21	0.035	0.7424
	3	1.150	0.300	2.176	0.653	26.16	0.040	0.7350
	4	1.625	0.300	2.112	0.634	25.11	0.040	0.7356
	5	2.100	0.300	2.048	0.614	24.07	0.039	0.7363
	6	2.575	0.300	1.984	0.595	23.02	0.039	0.7371
	7	3.050	0.300	1.920	0.576	21.97	0.038	0.7378
	8	3.525	0.300	1.856	0.557	20.93	0.038	0.7386
	9	4.000	0.300	1.792	0.538	19.88	0.037	0.7395
	10	4.475	0.300	1.728	0.518	18.84	0.036	0.7404
	11	4.950	0.300	1.664	0.499	17.79	0.036	0.7414
	12	5.425	0.300	1.600	0.480	16.74	0.035	0.7424
	13	5.900	0.300	1.536	0.461	15.70	0.034	0.7435
	14	6.375	0.300	1.472	0.442	14.65	0.033	0.7446
	15	6.850	0.300	1.408	0.422	13.60	0.032	0.7459
	16	7.325	0.300	1.344	0.403	12.56	0.031	0.7472
	17	7.800	0.300	1.280	0.384	11.51	0.030	0.7486
	18	8.275	0.300	1.216	0.365	10.46	0.029	0.7501
	19	8.750	0.300	1.152	0.346	9.42	0.027	0.7517



"DISEÑO HIDRAÚLICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018"

27				1.068	Caudal máximo en el lateral (L/s)
28				1.029	Caudal mínimo en el lateral (L/s)
29				3.82	Diferencia máxima de caudal de orificios (%)
30			$\beta_1 = F_1^{-1}$	1.35	Coefficiente de pérdida de carga en compuerta
31			$hf_1 = \beta_1 V_1^2 / (2g)$	0.12	Pérdida de carga en los orificios (cm)

**4.3.2.3. DECANTADOR LAMINAR CON PLACAS INCLINADAS - ZONA DE DECANTACIÓN**

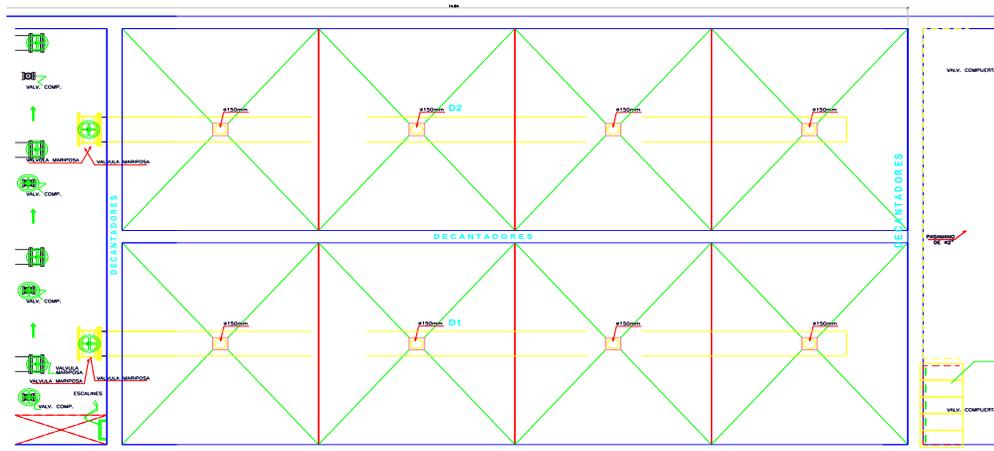
Paso	Datos	Cantidad	Criterios	Cálculos	Resultados
1	Caudal de tratamiento de la planta (L/s); (Q)	113.01	$Q_d = Q / N_d$	56.51	Caudal de tratamiento de cada decantador (L/s)
	Número decantadores de la planta (Nd)	2			
2	Zonas de decantación por decantador (Nz)	2	$Q_{zd} = Q_d / N_{zd}$	28.25	Caudal de cada zona de decantación (L/s)
3	Separación horizontal de placas (cm); (e')	12.00	$d = e' \text{ Sen } \theta - e$	10.34	Espaciamiento normal entre las placas (cm)
	Espesor de las lonas de vinilo (cm); (e)	0.057			
	Ángulo de inclinación de las placas (°); ( $\theta$ )	60			
4	Longitud del módulo de placas (m); (l)	1.20	$l_u = l - e' \text{ Cos } \theta$	114.00	Longitud útil dentro de las placas (cm)
5			$L = l_u / d$	11.03	Longitud relativa del módulo de placas
6	Módulo de eficiencia de las placas (S)	1.00	$f = [ \text{Sen } \theta ( \text{Sen } \theta + L \text{ Cos } \theta ) ] / S$	5.53	Coefficiente del módulo de las placas

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”**

7	Velocidad sedimentación laboratorio (cm/s); (V's)	0.035	$V_s = V's / 1.5$	0.023	Velocidad de sedimentación (cm/s)
8			$A_s = Q_{zd} / (f V_s)$	21.91	Area superficial de la unidad (m <sup>2</sup> )
9	Ancho de la zona de decantación (m); (b)	1.60	$N = A_s \text{ Sen } \theta / (b d)$	115	Número de canales formados por las placas
10			$q_o = Q_{zd} / N$	0.246	Caudal entre las placas (L/s)
11			$L_t = l \text{ Cos } \theta + [ N d + ( N + 1 ) e ] / \text{ Sen } \theta$	14.40	Longitud total del decantador (m)
12			$V_o = Q_{zd} / ( A_s \text{ Sen } \theta )$	0.149	Velocidad media del flujo (cm/s)
13			$A_{zd} = L_t B$	23.04	Area de la zona de decantación (m <sup>2</sup> )
14			$T = Q_{zd} / A_{zd}$	105.9	Tasa superficial aplicada (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .día)
15			$R_h = b d / [ 2 ( b + d ) ]$	4.85	Radio hidráulico del módulo de placas (cm)
16	Temperatura promedio del agua (°C)	18.00	$\nu$	0.01061	Viscosidad cinemática del agua (cm <sup>2</sup> /s)
17			$N_r = 4 R_h V_o / \nu$	272.4	Número de Reynolds
18			$V_o' = [ N_r / 8 ]^{0.5} V_s$	0.136	Velocidad longitudinal máxima (cm/s)

**Figura N° 31: Esquema en planta del Decantador**



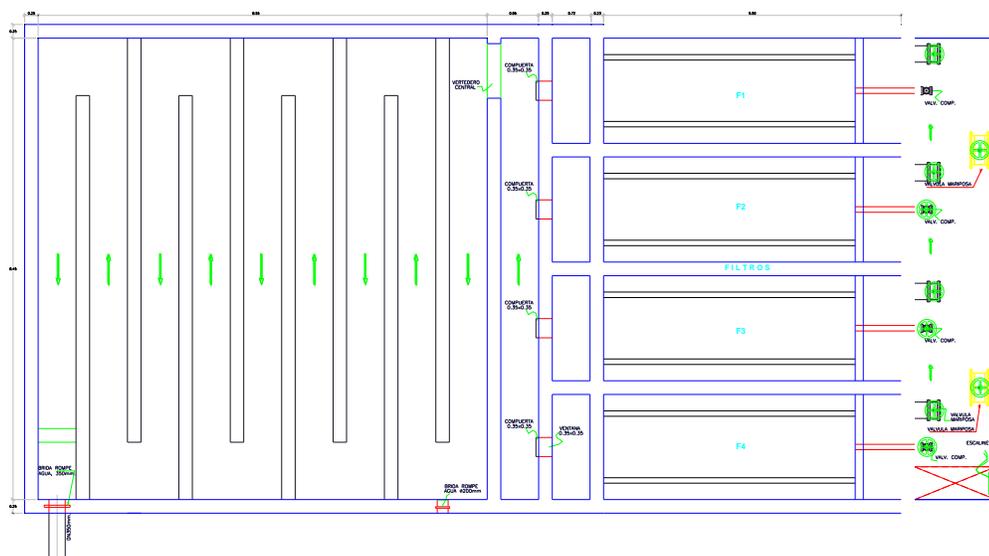
**Fuente: Autoría Propia**

#### 4.3.2.4. FILTROS - DIMENSIONES DE FILTROS, TASA DE FILTRACIÓN Y VELOCIDAD DE LAVADO

Paso	Datos	Cantidad	Criterios	Cálculos	Resultados
1	Caudal de tratamiento (L/s); Q	113.01	$Q_f = Q / N$	28.25	Caudal para cada filtro (L/s)
	Número de filtros; N	4			
2	Tasa promedio filtración ( $m^3/m^2.día$ ); $T_f$	240	$A_f = Q_f / T_f$	10.17	Area preliminar del filtro ( $m^2$ )
3	Ancho del filtro (m); B	1.925	$L' = A_f / B$	5.284	Longitud preliminar del filtro (m)
4	Longitud del filtro (m); L	4.650	$A_f = B L$	8.951	Area final del filtro ( $m^2$ )
5			$T = Q_f / A_f$	272.70	Tasa filtración promedio aplicada ( $m^3/m^2.día$ )
6			$V_L = Q / A_f$	0.76	Velocidad de lavado (m/min)

Fórmulas extraídas del Tomo II – Manual de Plantas de tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida (CEPIS, 2004)

Figura N° 32: Esquema en planta del sistema de Filtros

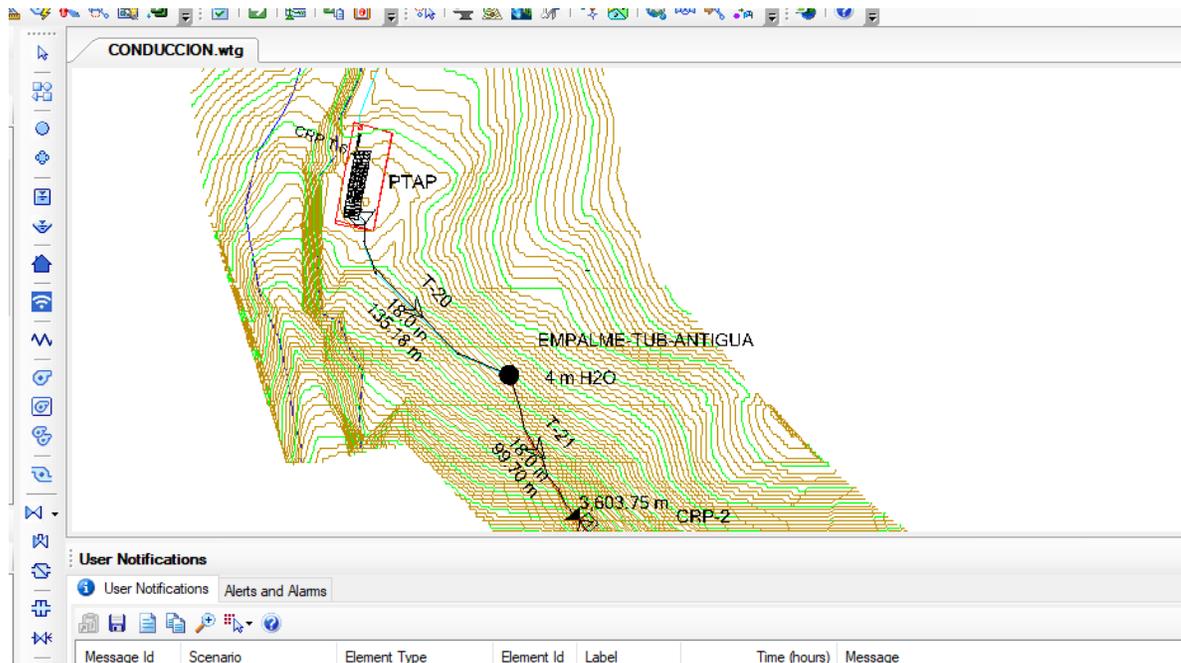


Fuente: Autoría Propia

#### 4.4. DISEÑO DE LA LÍNEA DE CONDUCCIÓN

Una vez realizado el tratamiento del mediante la planta proyectada, se tiende a dirigir el agua tratada a los reservorios ubicados a 6.273 Km, la cual se ha idealizado transportar a través de tubería HDPE de con el diámetro más adecuado posible, con la finalidad de no exceder las presiones en la tubería, ni tampoco colocar más de la cantidad requerida.

Figura N° 33: Línea de conducción proyectada



Fuente: Autoría Propia

Hemos proyectado un primer tramo que va desde la PTAP hasta el empalme con la tubería existente, se ha creado el modelo mediante WaterCADV8i, y se han obtenido los resultados en el punto de empalme, que tiene una presión de 4m H<sub>2</sub>O, a partir de ahí se ha hecho un análisis de la tubería existente, con la intención de colocar cámaras rompedoras de presión cada 50 m de altura estática, cuya finalidad es tratar de mantener la presión por debajo de los 50m H<sub>2</sub>O a lo largo de toda la tubería de conducción.

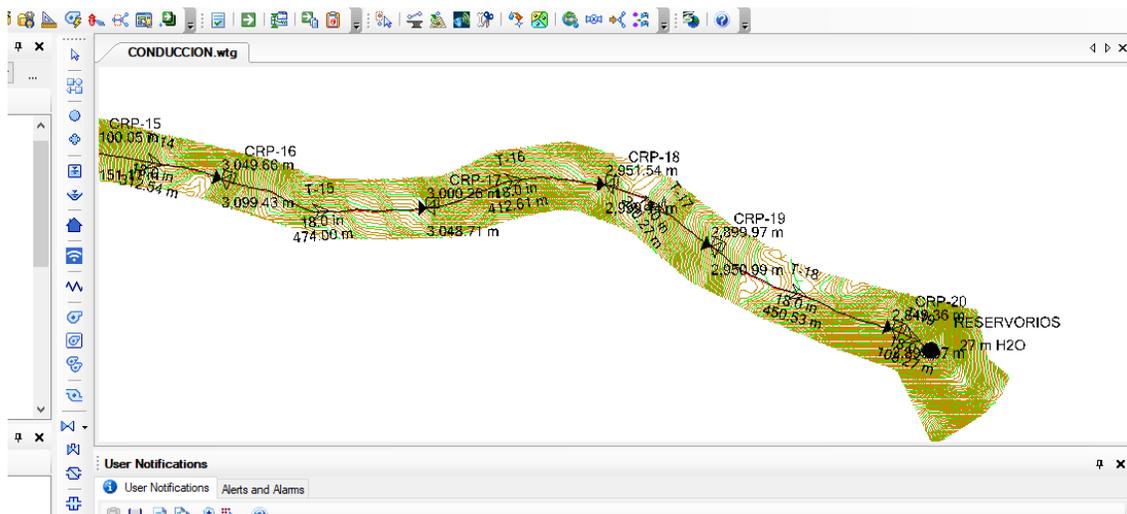
**Figura N° 34: Perfil longitudinal – Cámaras rompedoras de presión**



**Fuente: Autoría Propia**

En el perfil se puede apreciar todas las cámaras rompedoras proyectadas, inclusive se aprecia el tramo que va hasta el empalme, se han colocado 21 cámaras a lo largo de toda la línea de conducción, cada una de estas se ha dispuesto a una diferencia de cota de 50 m, la cual es considerada como altura estática; a esto agregamos las pérdidas como gradientes de carga que es la presión con la que se llega a cada caja, no es realmente importante ya que la función de ésta es reducir la presión dinámica a Cero.

**Figura N° 35: Vista en planta – Cámaras rompedoras de presión – Línea de conducción**



**Fuente: Autoría Propia**

Tal como se puede apreciar en la imagen superior, se han considerado y planteado cámaras rompedoras de presión Tipo 6, las cuales según la norma OS.100, son las recomendadas para la línea de conducción.

#### **4.5. Prueba de hipótesis**

El diseño hidráulico ha contemplado una captación como es lo adecuado, en este caso se ha proyectado una toma lateral con desarenador de purga continua, no obstante el caudal de captación es de 173lt/s lo que difiere de lo supuesto en 93 lt/s, además la línea de conducción considerada tiene una longitud total de 6 273 km que difiere de 727 m de lo supuesto, finalmente se cumple que la planta tiene todos los elementos y componentes requeridos para su adecuada operación siendo estos el canal de mezcla rápida, el Floculador vertical, el decantador, el sistema de filtro y pre filtro y el sistema de desinfección.

### **V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Mediante el análisis de los componentes orgánicos y bacteriológicos del agua correspondiente a la quebrada Urmo, se ha determinado el contenido de los coliformes totales en 1600 NMP/100 MI, lo cual es un contenido bajo a comparación del contenido recomendado mínimo por la norma OS. 010 Captación de agua para uso de consumo humano, se han recolectado 03 muestras denominadas M1, M2 y M3, y el método de ensayo empleado es la numeración de bacterias heterotróficas, Método de la placa fluida, este ensayo ha sido realizado por el Laboratorio Ambiental de Análisis Microbiológico y solicitado por la unidad técnica funcional de salud ambiental ocupacional, programa de vigilancia de la calidad de consumo humano.

De la planta de tratamiento hacemos énfasis en los componentes que le corresponden, teniendo en cuenta que se han considerado todos los requeridos de acuerdo al Manual de Tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida - Tomo II, que consisten en un canal de mezcla rápida, un Floculador Vertical, una estructura de sedimentadores, dos estructuras correspondientes a los filtros, en los cuales se han considerado colocar capas de Arena, grava y antracita, que son los componentes básicos para el filtrados de soluciones acuosas, además se ha tenido en cuenta la necesidad de colocación de rampas en los decantadores para facilitar y reducir la turbulencia y llevar un régimen de flujo más tranquilo con la finalidad de que el sedimentador no entorpezca su función.

Mediante un modelamiento numérico Tridimensional se ha puesto en marcha y a prueba el desempeño hidráulico de las estructuras de captación, en este caso se ha proyectado un barrage con una altura de 1.05m, un colchón dissipador con la longitud de 8.50m y un ancho estable para el encausamiento de 16.00m en total, la altura de los muros de protección ha sido establecida en 2.00metros por temas de prevención y cuidado de la estructura frente a alguna crecida que pueda darse en el cauce de a quebrada, respecto a las velocidades experimentadas en el colchón dissipador, se puede determinar que no son erosivas para el concreto, ya que se encuentran en un intervalo de entre 8 y 11 m/s, en el canal de derivación se tiene un tirante de hasta 0.45m de altura y con velocidades relativamente pequeñas de hasta 3.44 m/s, en el desarenador se tienen velocidades de hasta 0.37 m/s como mínimo y 0.97m/s como máximo en la superficie del fluido, además se puede apreciar que el canal de purga se encuentra en operación de manera constante llevando a cabo la finalidad para la cual ha sido idealizada, en cuanto a los resaltes ocurridos en el encausamiento se puede apreciar que el agua se lamina correctamente evitando golpear el colchón dissipador.

Se elaboraron los planos correspondientes a las estructuras de la planta de tratamiento teniendo en cuenta los detalles contemplados, la toma de lateral de río, el barrage, el desarenador y sus componentes requeridos, incluyendo la cámara de carga y las líneas de conducción.

## VI. CONCLUSIONES

- Se han elaborado 4 ensayos de las tomas de 03 Muestras en total, teniendo como resultado para la muestra M1 1600 NMP/ 100ml coliformes totales a 35°C; 540 NMP/ 100ml coliformes termotolerantes 44.5°C, 220 NMP/ 100ml E. Coli 44.5°C; Para la muestra M2 4,4x10<sup>-1</sup> NMP/ 100ml coliformes totales; <1.8 NMP/ 100ml coliformes termotolerantes; <1.8 NMP/ 100ml E. Coli 44.5°C; finalmente para la muestra M3 1 NMP/ 100ml coliformes totales; <1.8 NMP/ 100ml coliformes termotolerantes; <1.8 NMP/ 100ml E. Coli 44.5°C, por lo cual nosotros hemos concluido que los niveles bacteriológicos se encuentran por debajo del nivel de peligrosidad a lo cual deducimos que el agua de la quebrada Urmo es apta para el consumo humano.
- Se planteó un canal de Mezcla rápida con un ancho de solera de 0.70m y una profundidad de 0.98m, con una pendiente longitudinal de 0.008% , que conecta y transporta la mezcla de agua y excipientes hasta el Floculador vertical, el cual consta de 05 pozas o canales sectorizados, el primero con un ancho de 0.78 m, el segundo con un ancho de 1.18m, el tercero 1.52m de ancho, el cuarto con 1.84 y finalmente el quinto con 2.13m de ancho, todos con una

profundidad de 4.00m en total, después de esto conecta con decantador de 2 rampas 12.97m de longitud cada una, además el ancho de cada cámara es de 4.05m en total, para luego pasar al sistema de filtros que es una estructura de que tiene 04 cámaras de filtro, cada una de estas cámaras tiene un ancho de 1.925 en total y un largo de 4.65m, para finalmente dirigirse al sistema de desinfección con una profundidad total de 4.60 m.

- Se llevó a cabo el modelamiento numérico tridimensional de las estructuras hidráulicas, tales como el barraje tipo creager que consta de una cresta con una altura de 1.05m, un colchón disipador de 8.50m de longitud, un ancho de encauzamiento de 16.00m, las velocidades experimentadas en dicho elemento estructural están en un rango de 3.48 a 5.21 m/s en la cresta, luego el agua se lamina a través de ella con un tirante de 0.445m para pasar al colchón con una velocidad promedio de 8.72 m/s en el instante  $T=6s$  y presenta un régimen de flujo supercrítico con un Froude de 3.24; la velocidad de ingreso por la ventana de captación es de 6.87 m/s con un tirante promedio de 0.35 m y un régimen de flujo en el canal de derivación sub crítico con un número de Froude en el rango que va de 0.21 a 0.87, en la poza del desarenador se ha conectado un canal de purga constante de 0.50m de base y un talud de 2 a 1; el desarenador también tiene esa relación en su talud y el ancho de la base coincide con el ancho del canal de derivación teniendo un ancho de 1.25 m en el fondo y un espejo de agua de 2.80m de longitud, el régimen de flujo en el desarenador es sub crítico para el instante  $T=10s$ , se modeló contemplando un colchón de agua en el desarenador.

## VII. RECOMENDACIONES

- Actualmente no se cuenta con la tecnología suficiente para realizar el modelamiento numérico tridimensional de todo el conjunto de estructuras que involucran el proyecto en su totalidad, incluyendo desde líneas de conducción hasta el almacenamiento en reservorios, por lo que se recomienda a futuro evaluar todas las estructuras proyectadas mediante un modelo computacional de dinámica de fluidos completo.
- Recomendamos aplicar las dosis de desinfección adecuadas e indicadas en los parámetros adjuntos para la desinfección en la planta, con la finalidad contrarrestar los microorganismos contenidos en el flujo de agua de la quebrada Urma, hacemos hincapié en el contenido de E. Coli 1.8 NMP/ 100ml E. Coli 44.5°C recolectado en la Muestra M3, la cual a pesar de ser una cantidad no peligrosa, el hecho de filtración de esta bacteria podría ocasionar daños irreversibles en la salud de la población y deteriorar su calidad de vida.

- Se recomienda un mantenimiento preventivo en la línea de conducción existente antes de realizar el empalme con la línea de conducción proyectada, debido a que los materiales de los cuales están compuestas han cumplido en su mayoría con el periodo de vida útil, además de esto, hemos realizado una evaluación para la colocación de nuevas cámaras rompedoras de presión por lo que se sugiere se retiren las ya existentes y se subsane las zonas en las cuales han sido emplazadas.

## VIII. REFERENCIAS

- Autoridad Nacional del Agua, A. (2010). *Manual: Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico*. Lima, Perú; ANA.
- Avila, G. S. (2010). *Apuntes de Hidráulica II*. Ciudad de Mexico: Universidad Autonoma de México.
- Azevedo N., J. M. (1976). *Manual de Hidráulica. Sexta edición*. Harla, S. A. de C.
- CARRERAS MOYSI, B. F. (2017). *Una política activa de suelo*. Madrid.
- CEPIS. (2004). Tratamiento de agua para consumo humano - Plantas de filtración rápida - Tomo II. Lima, Lima, Perú: CEPIS.
- Chow, V. T. (1983). *Hidráulica de canales Abiertos*. Mexico: Diana.
- CÓRDOVA, P. &. (2016). *Propuesta de obras hidráulicas para el sistema captación, conducción y distribución de agua para el sector menor de riego de la comunidad campesina de Pasambara - Santiago de Chuco*. Santiago de Chuco.
- Crochin., S. (1987). *Diseño Hidráulico*.
- DÍAZ, M. &. (2015). *Diseño del sistema de agua potable de los caseríos de Chagualito y Llurayaco, distrito de Cochorco, Provincia de Sánchez Carrión aplicando el método de Seccionamiento*. Cochorco.
- E Sudry, W. (1986). *Sudry Experiments*. NY.
- JARA, F. &. (2014). *Diseño de Abatecimiento de agua potable y el Diseño de alcantarillado de las localidades: El Calvario y Rincón de Pampa Grande del Distrito de Curgos - La Libertad*. Curgos.
- Otuzco, M. D. (2018). Plan de desarrollo de la provincia de Otuzco. Otuzco, Otuzco, Perú.
- Sedapar. (2017). *Ampliación y Mejoramiento del Sistema de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario en la Localidad de Chuquibamba, Distrito de Chuquibamba, Provincia de Condesuyos, Departamento y Región de Arequipa*. Chuquibamba.
- TRIVELLI, P. (2016). Accesibilidad al suelo urbano y la vivienda por parte de los sectores de menores ingresos en América Latina. *EURE*, 7 - 32.

**IX. ANEXOS**

**Fotografía N° 5: Vista de quebrada Urmo**



**Fotografía N° 6: Captación Urmo**



**Fotografía N° 7: Canal de Derivación**



**Fotografía N° 8: Canal de Derivación con rejilla oxidada**



**Fotografía N° 9: Trayectoria de la tubería existente**



**Fotografía N°10: Toma de muestras de agua en Captación Urmo**



“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

Figura N° 36: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua

RED DE SALUD OTUZCO      PLAN 30.01 DE LA GESTIÓN TERRITORIAL

JUSTICIA SOCIAL CON INVERSIÓN

"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

Otuzco, 27 de Diciembre del 2018.

OFICIO N° 249 - 2018-GRL-GR/GRS-RED-OTUZCO-SA-OT-DE.

Dra. Roxana Jesús Montenegro Gordillo  
DIRECTORA DEL HOSPITAL ELPIDIO BEROVIDEZ PEREZ

ATENCIÓN : Blgo. Mblgo. Nancy Mejía Acuña  
Responsable de Salud Ambiental del H.E.B.P.

ASUNTO : INFORME DE CALIDAD BACTERIOLOGICA DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO QUE SE SUMINISTRA A LA POBLACIÓN DE OTUZCO; DISTRITO Y PROVINCIA DE OTUZCO.

Es grato dirigirme a usted para expresarle mi cordial saludo, y a la vez hacer llegar a su despacho el informe de calidad bacteriológica de agua para consumo humano que se suministra a la población de la localidad de Otuzco; distrito y provincia de Otuzco.

Se adjunta:

- INFORME N° 189-2018-GRL-GRS/SGPGT-UTFSAYO-ASAB.
- INFORME DE ENSAYO N° 199-2018.

Sin otro particular me despido de usted reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente

GARE/MECL/med.

Folios: 03  
Reg. Documento: 4864449  
Reg. Expediente: 4143554

GOBIERNO REGIONAL DEL PERU  
DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD  
OTUZCO  
DR. ELPIDIO BEROVIDEZ PEREZ  
DIRECTOR GENERAL DE SALUD AMBIENTAL

RECIBIDO  
28 DIC. 2018  
N° 1614  
HORA 12:45 PM  
FOLIO 03

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

Figura N° 37: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua - Otuzco

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

**INFORME N° 189-2018-GRLL-GRS/SGPGT-UTFSAYO-ASAB**

**A :** Lic. Marilú Paulita Noriega Guevara  
Responsable de la Unidad Técnica Funcional de Salud Ambiental y Ocupacional.

**DE :** Blgo. Mblgo. Hugo Julián Velásquez  
Responsable del Área de Saneamiento Básico-SGPGT GRS LL.

**ASUNTO :** Informe de Calidad Bacteriológica de Agua para Consumo Humano de la Fuente de Agua Urmo que abastece a la población de la Localidad Otuzco; Distrito Otuzco – Provincia de Otuzco.

**REFERENCIA :** Programa Vigilancia Sanitaria Calidad del Agua para Consumo Humano.

**FECHA :** 03 de Diciembre del 2018.

**I. ANTECEDENTES:**  
Mediante el Programa de Vigilancia Sanitaria de la Calidad del Agua de Consumo Humano que realiza el Ministerio de Salud a nivel nacional y la Gerencia Regional de Salud mediante la Sub Gerencia de Promoción de la Gestión Territorial – Oficina de Salud Ambiental a nivel regional, se evalúa permanentemente la calidad del agua que los administradores de los sistemas de agua distribuye a la población tanto en las zonas urbanas, peri urbanas y rurales de la Región La Libertad.

Por tal motivo con fecha 20 de Noviembre del presente año se realizó la toma de muestras para determinar la calidad bacteriológica del agua proveniente de la Fuente de Agua Urmo de la cual que se abastece a la población de la Localidad Otuzco; Distrito Otuzco – Provincia de Otuzco, la toma de muestras fue realizada por la Microbióloga Nancy Mejía Acuña trabajadora del Hospital de Otuzco.

Los análisis bacteriológicos fueron realizados en el Laboratorio Ambiental de la Gerencia Regional de Salud La Libertad de la ciudad de Trujillo.

**II. MARCO LEGAL:**

- Ley General de Salud N° 26842
- Reglamento de la Ley del Ministerio de Salud D.S. N° 013 2002-SA,
- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Agua D.S. N° 004-2017-MINAM.
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA.

**III. RESULTADOS:**

- Según el Informe de Ensayo N° 199-2018 emitido por la responsable del Laboratorio Ambiental de la Gerencia Regional de Salud La Libertad las muestras tornadas en la Fuente de agua Urmo, de la cual se abastece a la población de la Localidad Otuzco; Distrito Otuzco – Provincia de Otuzco presenta valores que se encuentran dentro de los Límites Máximos Permisibles en relación al parámetro Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*; los que son estipulados en el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA y según los valores Guía de la OMS-2004.

REGION LA LIBERTAD  
GERENCIA REGIONAL DE SALUD  
DIRECCION EJECUTIVA DE PROMOCION  
DE LA GESTION TERRITORIAL

11 DIC 2018

**RECIBIDO**

Reg:..... Folio: (2)

Hor:..... Firma: [Firma]



“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”

Figura N° 38: Informe de Calidad Bacteriológica de Agua

GOBIERNO REGIONAL LA LIBERTAD

Gerencia Regional

“Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres”  
“Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional”

IV. CONCLUSION:

- Según los resultados de análisis bacteriológicos emitidos por el Laboratorio Ambiental de la Gerencia Regional de Salud La Libertad mediante el **Informe de Ensayo N° 199-2018**, el agua proveniente de la Fuente de agua Urmo, de la cual se abastece a la población de la Localidad Otuzco; Distrito Otuzco – Provincia de Otuzco es **apta para consumo humano**.

V. RECOMENDACIONES:

- La Municipalidad Provincial de Otuzco, debe realizar en forma permanente la adecuada operación y mantenimiento del sistema de agua así como el tratamiento previo del agua el cual debe incluir procesos de desinfección y cloración antes de destinarla para el consumo humano y así evitar poner en riesgo la salud de la población usuaria.
- En concordancia con lo establecido en la Ley Orgánica de Municipalidades Ley N° 27972, Artículo 80; Reglamento de la Ley General de Servicios de Saneamiento D.S. N° 023-2005-Vivienda, **Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano D.S. N° 031-2010-SA**, la Municipalidad Provincial de Otuzco mediante su **Área Técnica Municipal de Agua y Saneamiento (ATM)** debe registrar sus fuentes de agua ante la Gerencia Regional de Salud, asimismo debe solicitar la Autorización Sanitaria de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y a la vez elaborar el **Plan de Control de la Calidad (PCC) del Agua para Consumo Humano** que se distribuye a la población del distrito Otuzco e informar a la Gerencia Regional de Salud La Libertad en forma trimestral sobre el monitoreo de la calidad del agua que realiza de acuerdo a lo establecido en las Normas Sanitarias vigentes y así proteger la salud de la población usuaria.

Es todo cuanto informo a Usted para su conocimiento y demás fines.

Atentamente,

REGION LA LIBERTAD  
GERENCIA REGIONAL DE SALUD  
Sub Gerencia de Promoción y Gestión de Territorio  
Unidad Funcional de Salud Ambiental y Ocupacional

Mibgo. Hugo Julián Velásquez  
Vigilante Sanitaria y Control de los Sistemas de Agua y Saneamiento

HCIJ/hcyv  
C.c. Municipalidad Provincial de Otuzco  
Red de Salud Otuzco  
Gerencia  
Archivo.

**“DISEÑO HIDRÁULICO DE UNA CAPTACIÓN, LÍNEA DE CONDUCCIÓN Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE OTUZCO – LA LIBERTAD, 2018”**

**Figura N° 39: Informe de Ensayo de Análisis Microbiológicos**

"Decenio de la Igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"  
"Año del Diálogo y la Reconciliación Nacional"

**LABORATORIO AMBIENTAL  
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS  
INFORME DE ENSAYO N° 199 - 2018**

SOLICITANTE: UNIDAD TÉCNICA FUNCIONAL DE SALUD AMBIENTAL Y OCUPACIONAL PROGRAMA DE VIGILANCIA DE LA CALIDAD DE AGUA DE CONSUMO HUMANO	
DATOS DEL MUESTREO: Datos proporcionados por el muestreador	CONTROL LABORATORIO:
Procedencia de la muestra:	Fecha de recepción: 20/11/18 11:27 hrs
Localidad: Otuzco	
Distrito: Otuzco	
Provincia: Otuzco	
Departamento: La Libertad	Fecha de inicio del ensayo: 20/11/18 11:50 hrs
Fecha y hora de muestreo: 20/11/18 M1: 1052 :06:15 hrs M2: 1053 :07:09 hrs M3: 1054 :07:14 hrs	
Muestreado por: Mblgo. Nancy Mejía Acuña	
Punto de muestreo: M1:1052 Captación M2:1053 Reservorio – San Agustín M3:1054 Grifo domiciliario – Fam. Rodríguez Salirrosas	

**RESULTADOS**

Código Lab	Muestra	Ensayos Microbiológicos			
		Bacterias Heterotróficas 35°C (UFC/ml)	Coliformes totales 35 °C (NMP/100 ml)	Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 ml)	E.coli 44.5°C (NMP/100 ml)
1052	M1	-	1600	540	220
1053	M2	4,4x10 <sup>1</sup>	<1,8	<1,8	<1,8
1054	M3	<1	<1,8	<1,8	<1,8

Métodos de ensayo: Numeración bacterias heterotróficas: Método de placa fluida. APHA AWWA WEF. Part 9215 B, 21th Ed. 2012. Numeración Coliformes totales, Coliformes fecales: Método Estandarizado de Tubos Múltiples. APHA, AWW, WEF. Part. 9221 B, E, G 21th ed. 2012.

Cc. Archivo  
Folios (01)  
Laboratorio Ambiental  
CPCHV/cpehv  
Reg Doc: 04811906  
Reg Exp: 04105005

  
 CECILIA PILAR CORTI  
 BIÓLOGO - MICROBIÓLOGO  
 C.B.P. 6130

**“Justicia Social con Inversión”**

Sub Gerencia de Promoción de la Gestión Territorial  
 Unidad Técnica Funcional de Salud Ambiental y Ocupacional  
 Av. Independencia N° 1190 Urb. Santa Eugenia, Trujillo, Perú. Telf: 043298891

Figura N° 40: Tubería Lisa HDPE

**TUBERÍA LISA HDPE NORMA NTP ISO 4427:2008 PE-80 y PE-100**

		Relación estándar de dimensiones (SDR)															
		SDR 33 (S16)		SDR 26 (S12.5)		SDR 21 (S10)		SDR 17 (S8)		SDR 13.6 (S6.3)		SDR 11 (S5)		SDR 9 (S4)		SDR 7.4 (S3.2)	
		Presión Nominal															
PE-80	equiv.	4.0 bar		5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar	
PE-100	equiv.	5.0 bar		6.0 bar		8.0 bar		10.0 bar		12.5 bar		16.0 bar		20.0 bar		25.0 bar	
DN (mm)	DN Equiv. (pulg)	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml	e mín. (mm)	Peso prom. Kg/ml
20	1/2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.12	2.3	0.13	3.0	0.16
25	3/4	-	-	-	-	-	-	-	-	2.0	0.148	2.3	0.17	3.0	0.21	3.5	0.24
32	1	-	-	-	-	-	-	2.0	0.2	2.4	0.23	3.0	0.28	3.6	0.33	4.4	0.39
40	1-1/4	-	-	-	-	2.0	0.245	2.4	0.29	3.0	0.36	3.7	0.43	4.5	0.51	5.5	0.61
50	1-1/2	-	-	2.0	0.31	2.4	0.367	3.0	0.50	3.7	0.55	4.6	0.67	5.6	0.79	6.9	0.94
63	2.00	-	-	2.5	0.49	3.0	0.570	3.8	0.72	4.7	0.88	5.8	1.06	8.1	1.27	8.6	1.48
75	2-1/2	-	-	2.9	0.67	3.6	0.819	4.5	1.02	5.6	1.24	6.8	1.48	8.4	1.78	10.3	2.12
90	3	-	-	3.5	0.97	4.3	1.170	5.4	1.47	6.7	1.78	8.2	2.14	10.1	2.57	12.3	3.03
110	4	-	-	4.2	1.41	5.3	1.78	6.6	2.18	8.1	2.64	10.0	3.18	12.3	3.82	15.1	4.54
160	6	-	-	6.2	3.06	7.7	3.74	9.5	4.56	11.8	5.56	14.6	6.74	17.9	8.05	21.9	9.56
200	8	-	-	7.7	4.73	9.6	5.83	11.9	7.12	14.7	8.65	18.2	10.50	22.4	12.60	27.4	14.94
250	10	-	-	9.6	7.37	11.9	9.02	14.8	11.06	18.4	13.54	22.7	16.35	27.9	19.60	34.2	23.32
280	11	-	-	10.7	9.19	13.4	11.38	16.6	13.90	20.6	16.96	25.4	20.50	31.3	24.64	38.3	29.24
315	12	9.7	9.34	12.1	11.70	15.0	14.30	18.7	17.60	23.2	21.50	28.6	25.95	35.2	31.16	43.1	37.01
355	14	10.9	11.81	13.6	14.79	16.9	18.16	21.1	22.40	26.1	27.25	32.2	32.94	39.7	39.58	48.5	46.93
400	16	12.3	15.01	15.3	18.75	19.1	23.16	23.7	28.31	29.4	34.56	36.3	41.82	44.7	50.21	54.7	59.60
450	18	13.8	18.94	17.2	23.71	21.5	29.28	26.7	35.87	33.1	43.78	40.9	52.96	50.3	63.57	61.5	74.55
500	20	15.3	23.68	19.1	29.25	23.9	36.13	29.7	44.32	36.8	54.02	45.4	65.34	55.8	78.44	-	-
560	22	17.2	29.80	21.4	36.67	26.7	45.22	33.2	55.52	41.2	67.77	50.8	81.86	62.5	98.38	-	-
630	24	19.3	37.60	24.1	46.46	30.0	57.12	37.4	70.32	46.3	85.66	57.2	103.97	70.3	124.46	-	-
710	28	21.8	47.83	27.2	59.14	33.8	72.89	42.1	89.32	52.2	108.93	64.5	131.91	79.3	158.21	-	-
800	32	24.5	60.55	30.6	74.94	38.1	92.30	47.4	113.29	58.8	138.24	72.6	167.29	89.3	200.73	-	-
900	36	27.6	76.70	34.4	94.75	42.9	116.88	53.3	143.29	66.2	175.06	81.7	211.75	-	-	-	-
1000	40	30.6	94.46	38.2	116.90	47.7	144.36	59.3	177.09	72.5	213.25	90.2	259.91	-	-	-	-
1200	48	36.7	135.88	45.9	168.45	57.2	207.67	67.9	244.03	88.2	310.90	-	-	-	-	-	-
1400	54	42.9	185.15	53.5	229.03	66.7	282.49	82.4	344.68	102.9	423.24	-	-	-	-	-	-
1600	64	49.0	241.63	61.2	299.43	76.2	368.91	94.1	449.89	117.6	552.83	-	-	-	-	-	-
1800	72	54.5	302.56	69.1	380.25	85.7	466.60	105.9	569.33	-	-	-	-	-	-	-	-
2000	80	60.6	373.72	76.9	469.88	95.2	576.01	117.6	702.55	-	-	-	-	-	-	-	-

- 1) La presión nominal PN corresponde a la máxima presión de operación admisible en Bar, a 20° C.
- 2) Valores en pulgadas utilizados como referencia con la norma ASTM/ANSI B 36.10.
- 3) La relación SDR corresponde al cociente entre el diámetro externo y espesor de la tubería.