



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## [Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial, siempre y cuando den crédito y licencia a nuevas creaciones bajo los mismos términos.

[http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)



**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**UNIDAD DE INVESTIGACION**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

**N° 020-75010671**

**CONSTANCIA**

El que suscribe, deja constancia que se la realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento **INFORME FINAL DE TESIS** cuyo título es:

**APLICACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO SEWERCAD PARA  
EL DISEÑO DE LA RED Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS  
GRISES DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL SAN LUIS GONZAGA**

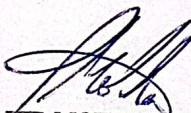
presentado por:

**AGUADO APARCANA, HERMES MARTÍN**  
**ZORRILLA MATOS, CESAR ABAD**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es **10% de similitud** por el cual se otorga el calificativo de **APROBADO**, según Reglamento para la evaluación de la Originalidad de los documentos de investigación.

Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.

Ica, 29 de julio de 2021

  
**DAVID MOTTA HUAYANCA**  
Técnico Operador Tecnológico:

 Universidad Nacional San Luis Gonzaga Ica  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
  
**DR. ING. MARTÍN HAMILTON WILSON HUAMANCHUNGO**  
Director de la Unidad de Investigación de la FIC



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“APLICACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO SEWERCAD PARA EL  
DISEÑO DE LA RED Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES DE LA  
CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS  
GONZAGA”**

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

**AUTORES:**

**BACH. HERMES MARTÍN AGUADO APARCANA**

**BACH. CÉSAR ABAD ZORRILLA MATOS**

**ICA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Dedicamos la presente tesis a nuestros padres, hermanos y demás familiares, porque gracias a ellos estamos alcanzando nuestras metas; por ustedes seguiremos avanzando, muchas gracias.

**Martín & César**

### **AGRADECIMIENTO.**

Agradecemos a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” a través de la facultad de Ingeniería Civil, a nuestros docentes que fueron muy importantes en nuestra preparación académica, muchas gracias.

**Martín & César**

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b>	1
<b>AGRADECIMIENTO</b>	2
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	3
<b>RESUMEN</b>	7
<b>INTRODUCCIÓN</b>	10
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO</b>	11
<b>1.1. Antecedentes del Problema de Investigación</b>	11
1.1.1. Antecedentes a Nivel Internacional	11
1.1.2. Antecedentes a Nivel Nacional	12
1.1.3. Antecedentes a Nivel Local	13
<b>1.2. Bases Teóricas de la Investigación</b>	13
1.2.1. Consideraciones para el diseño del proyecto	13
1.2.1.1. Estudios topográficos	13
1.2.1.2. Periodo de diseño	13
1.2.1.3. Dotación	14
1.2.1.3.1. Dotación de consumo	14
1.2.1.3.2. Variaciones de la demanda	14
1.2.1.4. Caudales de Diseño	14
1.2.1.4.1. Caudal máximo diario	14
1.2.1.4.2. Caudal máximo horario	15
1.2.1.4.3. Caudal para red de alcantarillado	15
1.2.1.4.4. Caudal de diseño para red de aguas grises	15
1.2.1.4.5. Caudal de diseño para la PTAG	15
1.2.2. Diseño Hidráulico del sistema de recolección y tratamiento de aguas grises	16
1.2.2.1. Normas para el diseño hidráulico de redes colectoras de aguas grises	16
1.2.2.2. Diseño hidráulico de redes colectoras de aguas grises mediante el software SewerCad	19
1.2.2.3. Diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas grises	25
<b>1.3. Marco Legal</b>	37
<b>1.4. Marco Conceptual</b>	37

<b>CAPÍTULO II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b>	40
<b>2.1. Situación Problemática</b>	40
<b>2.2. Formulación de Problemas</b>	40
2.2.1. Problema General	40
2.2.2. Problemas Específicos	41
<b>2.3. Delimitación del Problema</b>	41
2.3.1. Delimitación Espacial o Geográfica	41
2.3.2. Delimitación Temporal	43
2.3.3. Delimitación Social	43
2.3.4. Delimitación Conceptual	43
<b>2.4. Justificación e Importancia de la Investigación</b>	44
2.4.1. Justificación	44
2.4.2. Importancia	44
<b>2.5. Objetivos de Investigación</b>	44
2.5.1. Objetivo General	44
2.5.2. Objetivos Específicos	44
<b>2.6. Hipótesis de Investigación</b>	44
2.6.1. Hipótesis General o Principal	44
2.6.2. Hipótesis Específicas	44
<b>2.7. Variables de Investigación</b>	45
2.7.1. Identificación de Variables	45
2.7.2. Operacionalización de Variables	45
<b>CAPÍTULO III. ESTRATEGIA METODOLÓGICA/METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	46
<b>3.1. Tipo, Nivel y Diseño de Investigación</b>	46
3.3.1. Tipo de Investigación	46
3.3.2. Nivel de Investigación	46
3.3.3. Diseño de Investigación	46
<b>3.2. Población y Muestra Materia de Investigación</b>	46
3.3.1. Población de Estudio	46
3.3.2. Tamaño de la Muestra	46
<b>CAPÍTULO IV. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN</b>	47
<b>4.1. Técnicas de recolección de Datos</b>	47



4.1.1. Observación de campo no experimental	47
4.1.2. Recopilación de información temática	47
<b>4.2. Instrumentos de recolección de Datos</b>	<b>50</b>
<b>4.3. Técnicas de Procesamiento, Análisis e Interpretación de Datos</b>	<b>50</b>
<b>4.4. Procedimientos</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO V. PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN</b>	
<b>DE RESULTADOS</b>	<b>53</b>
<b>5.1 Descripción de la Zona del Proyecto</b>	<b>53</b>
<b>5.2 Consideraciones para el diseño hidráulico del proyecto</b>	<b>53</b>
5.2.1. Periodo de diseño	53
5.2.2. Población de diseño	53
5.2.2.1. Datos de población	53
5.2.2.2. Población de diseño	53
5.2.3. Dotación	53
5.2.3.1. Dotación de consumo	53
5.2.3.2. Variaciones de la demanda	54
5.2.4. Caudales de diseño	54
5.2.4.1. Caudal máximo diario	54
5.2.4.2. Caudal máximo horario	54
5.2.4.3. Caudal para red de alcantarillado	54
5.2.4.4. Caudal de diseño para red de aguas grises	54
5.2.4.5. Caudal de diseño para la PTAG	54
<b>5.3. Descripción del proyecto</b>	<b>54</b>
5.3.1 Datos para la aplicación del modelo hidráulico SewerCad	55
<b>5.4. Cálculo hidráulico del sistema de tratamiento de aguas grises</b>	<b>57</b>
5.4.1. Red colectora de aguas grises	57
5.4.1.1. Caudal de diseño	57
5.4.1.2. Modelamiento hidráulico con el Modelo Numérico SewerCad	57
5.4.2. Diseño hidráulico de la Planta de tratamiento de aguas grises (PTAG)	59
5.4.2.1. Cámara de rejillas	59
5.4.2.2. Desarenador	63

5.4.2.3. Vertedero Sutro	69
5.4.2.4. Tanque de coagulación, acumulación/homogenización y Cisterna	70
<b>5.5 Discusión de resultados</b>	74
<b>CAPÍTULO VI. COMPROBACION DE HIPÓTESIS</b>	76
<b>6.1. Contratación de Hipótesis General</b>	76
<b>6.2. Contratación de Hipótesis Específicas</b>	76
<b>CONCLUSIONES</b>	78
<b>RECOMENDACIONES</b>	79
<b>FUENTES DE INFORMACION</b>	80
<b>ANEXOS</b>	82
<b>Figuras</b>	82
<b>PLANOS</b>	84
<b>Relación de planos</b>	82

## RESUMEN

En la presente investigación se aporta a la solución de la problemática de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, distrito de Ica, provincia de Ica, departamento de Ica, donde la inexistencia de un sistema de tratamiento de aguas grises no permitiría su reutilización en el riego de sus áreas verdes ya que actualmente la universidad utiliza agua potable en grandes cantidades, para tal efecto.

Como objetivo principal se analiza en forma preliminar toda información importante para la aplicación del modelo hidráulico SewerCad en el diseño de la red y realizar la propuesta de tratamiento de aguas grises en la ciudad universitaria. Planteando la hipótesis de que al cumplir con este objetivo se influye directamente en el diseño de la red, y el tratamiento de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

Por lo tanto, se realizó una investigación aplicada, utilizando la modelación numérica. El nivel es descriptivo y explicativo, donde el diseño de la investigación es no experimental – transversal.

Finalmente, la variable independiente de la hipótesis principal influyó directamente sobre el diseño de la red, y la planta de tratamiento sobre la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” al comprobarse la tendencia a influir, mediante análisis racional.

**PALABRAS CLAVE:** Modelo, Hidráulico, SewerCad, Tratamiento, Aguas grises.

## SUMMARY

This research contributes to the solution of the problem of the university city of the National University "San Luis Gonzaga", district of Ica, province of Ica, department of Ica, where the inexistence of a gray water treatment system does not it would allow its reuse in the irrigation of its green areas since the university currently uses drinking water in large quantities for this purpose.

The main objective is a preliminary analysis of all important information for the application of the SewerCad hydraulic model in the design of the network and to carry out the gray water treatment proposal in the university city. Posing the hypothesis that meeting this objective directly influences the design of the network, and the treatment of gray water in the university city of the National University "San Luis Gonzaga".

Therefore, an applied research was carried out, using numerical modeling.

The level is descriptive and explanatory, where the research design is non-experimental - transversal.

Finally, the independent variable of the main hypothesis directly influenced the design of the network, and the treatment plant on the university city of the National University "San Luis Gonzaga" when the tendency to influence was verified, through rational analysis.

**KEYWORDS:** Model, Hydraulic, SewerCad, Treatment, Gray water.

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“APLICACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO SEWERCAD PARA EL  
DISEÑO DE LA RED Y TRATAMIENTO DE LAS AGUAS GRISES DE LA  
CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL SAN LUIS  
GONZAGA”**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO: CIENCIAS E INGENIERÍAS**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
RECURSOS HÍDRICOS, RIESGO DE DESASTRES Y CAMBIO CLIMÁTICO**

**AUTORES:**

**BACH. HERMES MARTÍN AGUADO APARCANA**

**BACH. CÉSAR ABAD ZORRILLA MATOS**

**ASESOR:**

**ING. ALFREDO M. ALCÁZAR GONZALES**

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación determinará la influencia de la aplicación del modelo hidráulico SewerCad en el diseño de la red y tratamiento de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, con la cual se planteará una alternativa de solución a la situación problemática relacionada con la carencia de un sistema de recolección y tratamiento de aguas grises para su reutilización. Para ello el diseño hidráulico es imprescindible en el diseño de los elementos que forman parte del sistema, recurriendo a la revisión bibliográfica relacionada al tema y utilizando una metodología de simulación hidráulica mediante el programa SewerCad.

El sistema contará con una red de aguas grises y una planta de tratamiento de aguas grises, cuya importancia en el entorno y la vida de la población de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

Capítulo I: Se expondrá el marco teórico, antecedentes y bases teóricas de la investigación, así como los marcos legales y conceptuales aplicados al tema.

Capítulo II: Describirá la situación problemática, se identifica el problema, objetivo e hipótesis generales y sus específicas correspondientemente.

Capítulo III: Expondrá el diseño metodológico de la investigación, tipo, nivel y diseño de la investigación, así como población y tamaño de la muestra.

Capítulo IV: Describirá las técnicas e instrumentos de investigación.

Capítulo V: Se expondrá los aspectos generales de la zona del proyecto, la discusión de los resultados y las propuestas de estructuras hidráulicas requeridas.

Capítulo VI: Se desarrollara la contrastación de la hipótesis específicas y la hipótesis general de la investigación.

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes del problema de investigación

##### 1.1.1. Antecedentes a nivel Internacional

Soto, W. (2012). Investigación realizada en el Colegio de la Frontera Norte y el CICESE (México) titulada: **“SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS, COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA SEGURIDAD HÍDRICA DE TIJUANA”**, de la tesis se resalta: *“Debido a que la disposición a pagar varía entre los dos niveles socioeconómicos, incluir facilidades de pago para los que no tengan la capacidad de compra suficiente como para hacerlo de contado, puede mejorar la disposición a adoptar algún sistema de tratamiento de aguas grises doméstico, pues se tiene la ventaja de que a pesar de la diferencia en el nivel socioeconómico, los dos grupos están dispuestos a adoptar algún sistema de tratamiento, influenciados más por la convicción y la preocupación por la presión ambiental que se viven en la actualidad”*. *“Una de las condicionantes que se pudo observar en la información recabada en esta investigación es que es de vital importancia que las características del producto satisfagan las necesidades de los usuarios, pues la experiencia que compartieron los usuarios actuales de algún sistema de tratamiento de aguas grises mostró la importancia de este punto. Características como el precio; facilidad de operación; que no ocupe más espacio del que se pueda disponer en una casa promedio; o que cumpla con la función para la que será adquirido; entre otras, las cuales seguro tendrán su variación en función del tipo de mercado al que vaya dirigido el producto”*. (Soto, 2012)

Huerta, G., Jiménez, E. & Prado, Z. (2011). Investigación realizada en El Instituto Politécnico Nacional (México) titulada: **“SISTEMA AUTOMÁTICO RECUPERADOR DE AGUA PLUVIAL Y AGUAS GRISES”**, de la tesis se resalta: *“El presente estudio es viable debido a que se tendría un ahorro de agua potable en la vivienda, ya que se reutilizaría las aguas residuales grises para realizar actividades donde se requiera una alta calidad de agua, como lo es el llenado de los tanques de inodoros de forma controlada segura, y a la vez es factible ya que puede adaptarse al sistema existente”*. (Huerta et al., 2011)

García, F. & López, H. (2006). Investigación realizada en La Universidad Nacional Agraria (UNA) (Nicaragua) titulada: **“MANEJO DEL AGUA POTABLE Y**

**AGUAS GRISES EN EL BARRIO EL RODEO, MANAGUA**”, de la tesis se resalta: *“El manejo inadecuado de las aguas grises se debe a que no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario o tratamiento de estas aguas. El agua estancada en los cauces, calles o patios de casas da lugar a la proliferación de mosquitos y al aumento de las moscas, que muchas veces son trasmisoras de enfermedades”*. (García & López, 2006)

### **1.1.2. Antecedentes a nivel Nacional**

Santa, J. (2019). Investigación realizada en la Universidad Privada San Martín De Porres (Lima) titulada: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISES Y APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PARA UN PROYECTO URBANÍSTICO DE 12 HECTÁREAS UBICADO EN EL DISTRITO DE PIMENTEL – CHICLAYO - LAMBAYEQUE”**, de la tesis se resalta: *“Se deduce y se concluye que el volumen de agua potable que se calcula resulta en la misma proporción que la reducción del gasto de agua. Se obtiene un ahorro de agua potable directo de 39 %, el cual es como aporte a la dotación diaria, tal y como se indica en las Tablas 7 y 19”*. *“El diseño de la planta de tratamiento de aguas grises y aguas pluviales que se propone cumple todos los estándares de calidad: «Categoría 3: Riego de vegetales y bebidas de animales, Subcategoría: Agua para riego restringido» normado por el D.S. N° 004-2017-MINAM, acorde con los parámetros de la OMS. (Anexo 6)”*. (Santa, 2019)

Loza, P. (2017). Investigación realizada en la Universidad Privada de Tacna (Tacna) titulada: **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECICLADO DE AGUAS GRISES Y SU APROVECHAMIENTO PARA UN DESARROLLO SOSTENIBLE EN UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR DE DOCE PISOS EN LA CIUDAD DE TACNA, 2017”** de la tesis se resalta: *“La propuesta de implementar un sistema de reutilización de aguas grises en un edificio, en donde el agua generada de duchas, lavamanos y lavadoras sirvan para abastecer el tanque del inodoro, para limpieza y sea empleada para un sistema de riego en los jardines, todo lo anterior de forma controlada y segura. El agua gris será tratada en una planta de tratamiento situada en el sótano del edificio, y que comprenderá de procesos de tratamiento continuos garantizando una calidad de agua que cumpla los estándares mínimos para el vertimiento en lugares donde no se necesite agua potable. Así mismo recuperar el 40% del agua consumida en el edificio, generando un ahorro financiero*



*para los propietarios, y lo más importante es que se crea un ambiente sostenible para la vida humana”.*

Dulce, C. (2018) – Tamariz, C. (2018). Investigación realizada en la Universidad “Cesar Vallejo” (Chimbote) titulada: **“COSTO DE MODELO DE TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES DOMICILIARIAS EN UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR, CON FINES DE REUTILIZACIÓN EN INODOROS 2018”**, de la tesis se resalta: *“El costo de modelo de tratamiento de las aguas grises de una vivienda para la reutilización en inodoros, enmarcándose en las aguas grises que provienen de lavamanos, lavadora de ropa, la cual se les denomina aguas residuales con ligero uso, instalaciones sanitarias que son un conjunto de líneas de distribución para agua fría y caliente, y para desfogue de las aguas residuales domésticas.”*

### **1.1.3. Antecedentes a nivel Local**

Velazque, D. (2017). Investigación realizada en la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” (Ica) titulada: **“UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS GRISES, EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL, ENFERMERÍA, FARMACIA Y ODONTOLOGÍA DE LA UNIVERSIDAD SAN LUIS GONZAGA DE ICA”**, de la tesis se resalta: *“El utilizar las aguas grises para el regado de la áreas verdes, nos brinda un ahorro de agua potable de 2000 lt diarios equivalente a 48000 lt al mes, de esta manera se contribuye con el ambiente y economía de la nuestra institución y con el planeta”*. *“El análisis realizado con muestras de agua, demuestra que el agua gris, es apta para el sistema de riego de jardinería, lo cual hace auto sostenible el regado de áreas verdes”*. (Velazque, 2017)

## **1.2. Bases teóricas de la investigación**

Las teorías que se van a utilizar para el desarrollo de la tesis se refieren en forma resumida dentro de este ítem para las siguientes actividades: Diseño Hidráulico de la red de desagües.

Diseño Hidráulico de la planta de tratamiento de desagües.

### **1.2.1. Consideraciones para el diseño del proyecto**

#### **1.2.1.1. Estudios topográficos**

Es un conjunto de procedimientos para determinar características, detalles físicos del terreno y de las estructuras donde se desarrolla el proyecto. El objetivo principal es obtener un plano topográfico que describa los niveles, cotas de terreno y la ubicación de las estructuras dentro del proyecto.

#### **1.2.1.2. Periodo de diseño**

Norma Técnica OS-100 “Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria”: Para proyectos de poblaciones o ciudades, así como para proyectos de mejoramiento y/o ampliación de servicios en asentamientos existentes, el periodo de diseño será fijado por el proyectista utilizando un procedimiento que garantice los periodos óptimos para cada componente de los sistemas.

**Tabla 01**

*Periodos de diseño de infraestructura sanitaria*

Componente	Tiempo (años)
Fuente de abastecimiento	20
Obras de Captación	20
Pozos	20
Planta de tratamiento de agua para consumo	20
Reservorio	20
Tuberías de conducción, Impulsión y distribución	20
Estación de bombeo de agua	20
Equipo de bombeo	10
Estación de bombeo de aguas residuales	20
Colectores emisores e interceptores	20
Plantas de tratamiento de aguas residuales	20

Fuente: (RM-153-2019-VIVIENDA, 2019)

#### 1.2.1.3. Dotación

##### 1.2.1.3.1. Dotación de consumo

Para este caso, se usara la norma OS.100 al considerar la zona de intervención como una zona urbana, dándole la categoría de ciudad, sin embargo, la población universitaria es itinerante, no residente. Podría considerarse como un gran centro educativo donde existen servicios higiénicos, comedores, laboratorios, talleres, oficinas administrativas y servicios médicos, cuyo consumo de agua, al final contribuyen al desagüe en menor cantidad en relación al de una ciudad donde la población es residente.

se aplicará la norma OS.100 para obtener las variaciones de la demanda y se calcularan los caudales de diseño. En consecuencia, se utilizarán las siguientes dotaciones:

Servicios educativos

##### 1.2.1.3.2. Variaciones de la demanda

Según la norma OS.100 (RNE):

El Coeficiente Máximo anual de la demanda diaria:  $K_1 = 1,3$

El Coeficiente Máximo anual de la demanda horaria:  $K_2 = 1.8$  a  $2.5$

#### 1.2.1.4. Caudales de diseño

##### 1.2.1.4.1. Caudal máximo diario

Según la norma OS.100 (RNE): Se debe considerar un valor de 1,3 del Caudal Promedio Diario Anual ( $Q_p$ ) de este modo:

$$Q_{md} = 1.3 \times Q_p$$

#### 1.2.1.4.2. Caudal máximo horario

Se debe considerar un valor de 1.8 del Caudal Promedio Diario Anual ( $Q_p$ ) de este modo:

$$Q_{mh} = 1.8 \times Q_p$$

#### 1.2.1.4.3. Caudal para red de alcantarillado

Según la norma OS.070 (RNE), el 80% del caudal de agua potable usado va directamente al alcantarillado, luego:

$$Q_{ALC} = 0.80 \times Q_{mh}$$

#### 1.2.1.4.4. Caudal de diseño para red de aguas grises

No hay una norma específica que indique cual debería ser el caudal de aguas grises. Sin embargo, este caudal de contribución al alcantarillado incluye excretas. Entonces si determinamos el volumen de excretas según las normas y lo expresamos en lt/s, se puede deducir este valor del total de contribución al alcantarillado, obteniendo así el caudal de aguas grises.

La Norma OS.100 del RNE, considera que la contribución de excretas es de 0.20 kg/hab/día cuando se trata del total de aguas negras que ingresan al alcantarillado. Para determinar el caudal de aguas grises se determinará primero el caudal de contribución de excretas y restarlo del total. En tal sentido, considerando un peso específico de la excreta  $E = 1,400 \text{ kg/m}^3$ , el volumen de contribución de excretas, expresado en lt/hab/día se determina por:

$$Q_E = \frac{1 \text{lt} \cdot 0.20 \text{ kg/hab/día}}{E \text{ (kg/m}^3\text{)}}$$

$$Q_E = \frac{1 \text{lt} \cdot 0.20 \text{ kg/hab/día}}{1,400 \text{ (kg/m}^3\text{)}} = 0.143 \text{lt/hab/día}$$

Luego, el caudal de contribución de excretas que ingresa al alcantarillado es:

$$Q_{CE} = \frac{Q_E P_s}{86,400} \text{ (lt/s)}$$

Siendo  $P_s$  la población de servicio.

Finalmente, ya que no habrá presencia de excretas, el caudal de aguas grises sería:

$$Q_{GRISES} = Q_{ALC} - Q_{CE}$$

#### 1.2.1.4.5. Caudal de diseño para la PTAG

El caudal dependerá de la zona donde se ubica el proyecto, si hay gran cantidad de lluvias se debe de considerar un ingreso hacia los buzones por parte de las precipitaciones, si no fuera el caso se despreciará.

### **1.2.2. Diseño hidráulico del sistema de recolección y tratamiento de aguas grises**

1.2.2.1. Normas para el diseño hidráulico de redes colectoras de aguas grises  
Norma Técnica OS-70 “Redes de Aguas Residuales”

Dimensionamiento Hidráulico.

Según la norma OS.070 (RNE), “en todos los tramos de la red deben ser calculados los caudales inicial y final ( $Q_i$  y  $Q_f$ ). El valor mínimo de los caudales a considerar será de 1.5 L/s. Los diámetros nominales para considerar no deben ser menores de 100 mm.

Cada tramo debe ser verificado por el criterio de Tensión Tractiva Media ( $\sigma_t$ ) con un valor mínimo  $\sigma_t = 1,0$  Pa, calculada para el caudal inicial ( $Q_i$ ), valor correspondiente para un coeficiente de Manning  $n = 0,013$ . La pendiente mínima que satisface esta condición puede ser determinada por la siguiente expresión aproximada:

$$S_{0min} = 0.0055 Q_i^{-0.47}$$

Dónde:

$$S_{0min} = \text{Pendiente minima (m/m)}$$

$$Q_i = \text{Caudal inicial (lt/s)}$$

Para coeficiente de Manning diferentes de 0.013, los valores de Tensión Tractiva Media y pendiente mínima a adoptar deben ser justificados. Máxima pendiente admisible es la que corresponde a una velocidad final  $V_f = 5$  m/s; las situaciones especiales serán sustentadas por el proyectista. Cuando la velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ), la mayor altura de lámina de agua admisible debe ser 50% del diámetro del colector, asegurando de esta manera la ventilación del tramo. La velocidad crítica es definida por la siguiente expresión:

$$V_c = 6 \sqrt{g \cdot R_H}$$

Dónde:

$$g = \text{Aceleracion de la gravedad (m/s}^2\text{)}$$

$$R_H = \text{Radio hidraulico (m)}$$

La altura de la lámina de agua debe ser siempre calculada admitiendo un régimen de flujo uniforme y permanente, siendo el valor máximo para el caudal final

( $Q_f$ ), igual o inferior a 75% del diámetro del colector. Si velocidad final ( $V_f$ ) es superior a la velocidad crítica ( $V_c$ ).

#### Cámaras de Inspección.

Las cámaras de Inspección podrán ser buzinetas y buzones de inspección. Las buzinetas se utilizarán en vías peatonales cuando la profundidad sea menor de 1,00 m sobre la clave del tubo. Se proyectarán sólo para colectores de hasta 200 mm de diámetro. Los buzones de inspección se usan cuando la profundidad sea mayor de 1,0 m sobre la clave de la tubería. Se proyectarán cámaras de inspección en todos los lugares donde sea necesario por razones de inspección, limpieza y en los siguientes casos:

- En el inicio de todo colector.
- En todos los empalmes de colectores.
- En los cambios de dirección.
- En los cambios de pendiente.
- En los cambios de diámetro.
- En los cambios de material de las tuberías.

En los cambios de diámetro, debido a variaciones de pendiente o aumento de caudal, las cámaras de inspección se diseñarán de manera tal que las tuberías coincidan en la clave, cuando el cambio sea de menor a mayor diámetro y en el fondo cuando el cambio sea de mayor a menor diámetro.

Para tuberías de diámetro menor de 400 mm; si el diámetro inmediato aguas abajo, por mayor pendiente puede conducir un mismo caudal en menor diámetro, no se usará este menor diámetro; debiendo emplearse el mismo del tramo aguas arriba.

En las cámaras de inspección en que las tuberías no lleguen al mismo nivel, se deberá proyectar un dispositivo de caída cuando la altura de descarga o caída con respecto al fondo de la cámara sea mayor de 1 m.

El diámetro interior de los buzones de inspección será de 1.20 m para tuberías de hasta 800 mm de diámetro y de 1.50 m para las tuberías de hasta 1200 mm.

Para tuberías de mayor diámetro las cámaras de inspección serán de diseño especial. Los techos de los buzones contarán con una tapa de acceso de 0.60 m de diámetro.

La distancia entre cámaras de inspección y limpieza consecutivas está limitada

por el alcance de los equipos de limpieza. La separación máxima del diámetro de las tuberías, según se muestra en la siguiente tabla:

**Tabla 02**

*Distancias máximas entre cámaras de inspección*

Diámetro nominal de tubería (mm)	Distancia máxima (m)
100	60
150	60
200	80
250 a 300	100
Diámetros mayores	150

Fuente: RNE

#### Ubicación de tuberías

En las calles o avenidas de 20 m de ancho o menos se proyectará un solo colector de preferencia en el eje de la vía vehicular.

En avenidas de más de 20 m de ancho se proyectará un colector a cada lado de la calzada.

La distancia entre la línea de propiedad y el plano vertical tangente de la tubería debe ser como mínimo 1,5 m. La distancia entre los planos tangentes de las tuberías de agua potable y red de aguas residuales debe ser como mínimo de 2 m.

El recubrimiento sobre las tuberías no debe ser menor de 1,0 m en las vías vehiculares y de 0,60 m en las vías peatonales. Los recubrimientos menores deben ser justificados.

En las vías peatonales, pueden reducirse las distancias entre las tuberías y entre éstas y el límite de propiedad, así como, los recubrimientos siempre y cuando: Se diseñe protección especial a las tuberías para evitar su fisuramiento o rotura. o si las vías peatonales presenten elementos (bancas, jardineras, etc.) que impidan el paso de vehículos.

En caso de posibles interferencias con otros servicios públicos, se deberá coordinar con las entidades afectadas con el fin de diseñar con ellas, la protección adecuada. La solución que adopte debe contar con la aprobación de la entidad respectiva.

En los puntos de cruce de colectores con tuberías de agua de consumo humano, el diseño debe contemplar el cruce de éstas por encima de los colectores, con una distancia mínima de 0,25 m medida entre los planos horizontales tangentes.

En el diseño se debe verificar que el punto de cruce evite la cercanía a las uniones de las tuberías de agua para minimizar el riesgo de contaminación del sistema de agua de consumo humano.

Si por razones de niveles disponibles no es posible proyectar el cruce de la forma descrita en el ítem anterior, será preciso diseñar una protección de concreto en el colector, en una longitud de 3 m a cada lado del punto de cruce.

La red de aguas residuales no debe ser profundizada para atender predios con cota de solera por debajo del nivel de vía. En los casos en que se considere necesario brindar el servicio para estas condiciones, se debe realizar un análisis de la conveniencia de la profundización considerando sus efectos en los tramos subsiguientes y comparándolo con otras soluciones.

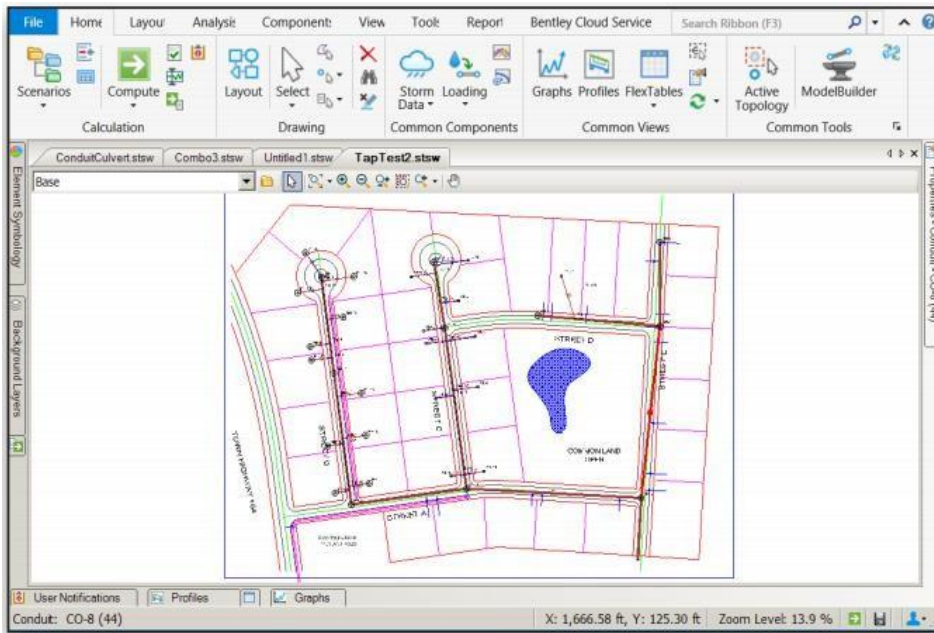
#### 1.2.2.2. Calculo hidráulico de redes colectoras de aguas grises mediante el Software SewerCad

##### **SewerCad**

Es una aplicación de modelado del sistema de alcantarillado sanitario. Es confiable y muy usada por municipios y empresas de servicios públicos para analizar y planificar sistemas de saneamiento, permite crear modelos de forma sencilla, tanto de conductos presurizados como de instalaciones hidráulicas por gravedad, a partir del análisis de estado estático con diversos estándares de factores de cresta y simulaciones de periodos extendidos. SewerCad desarrolla múltiples capacidades, según los requerimientos de las investigaciones, entre las cuales se menciona:

- Sistemas y operaciones hidráulicas
- Simulaciones de estado estático.
- Simulaciones de periodos extendidos.
- Métodos de análisis de perfiles de flujo: análisis de aguas estancadas.
- Diseño automático basado en restricciones.
- Cálculos del esfuerzo tractivo en colectores.
- Curvas de altura del sistema.
- Cálculos de estructura de control de lagunas.
- Soporta elementos de captación y sumideros.

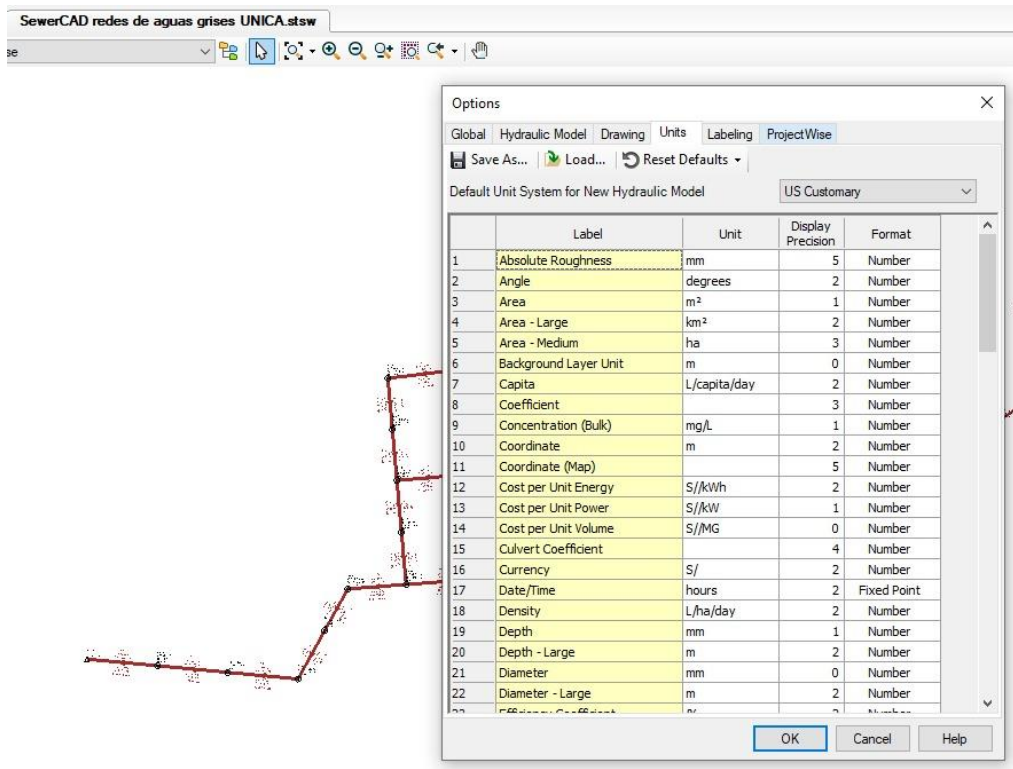
**Figura 01**  
*Software de Ingeniería SewerCad*



Fuente: (Bentley 2017)

Pasos en la utilización del Software:

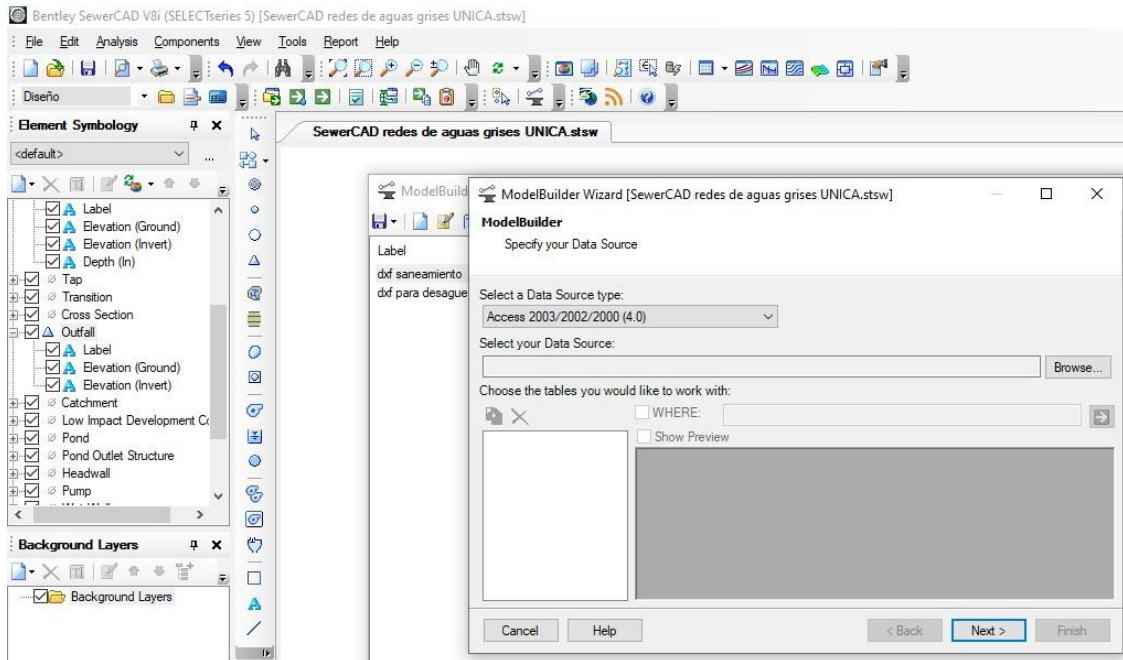
**Figura 02**  
*Verificación de unidades de medida*



Fuente: Elaboración propia

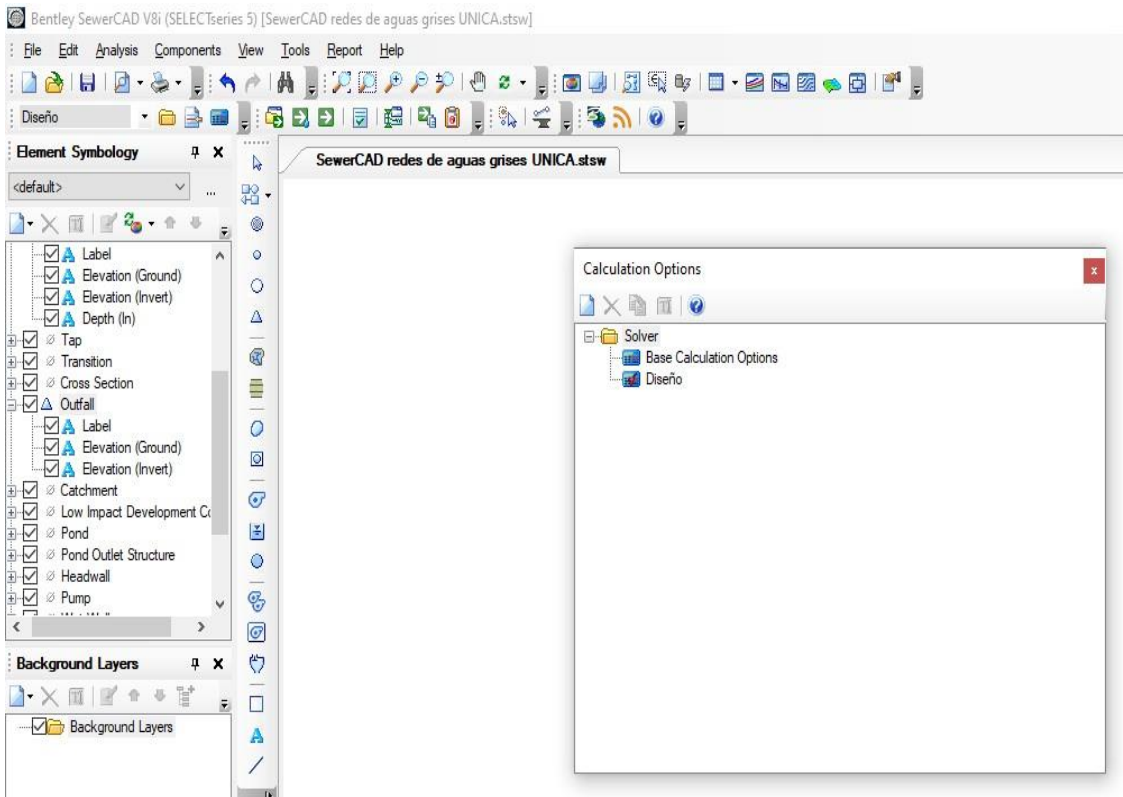


**Figura 03**  
*Ingreso de archivos topográficos*



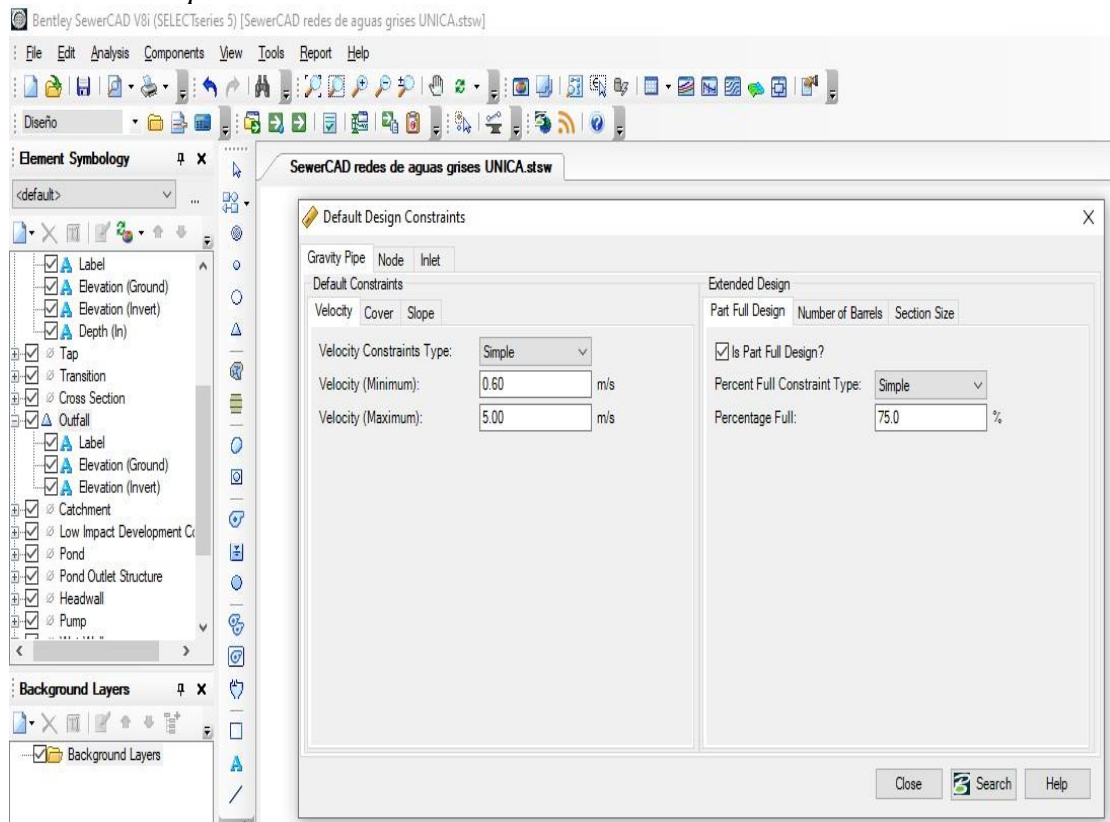
Fuente: Elaboración propia

**Figura 04**  
*Configuración del cálculo y su escenario*



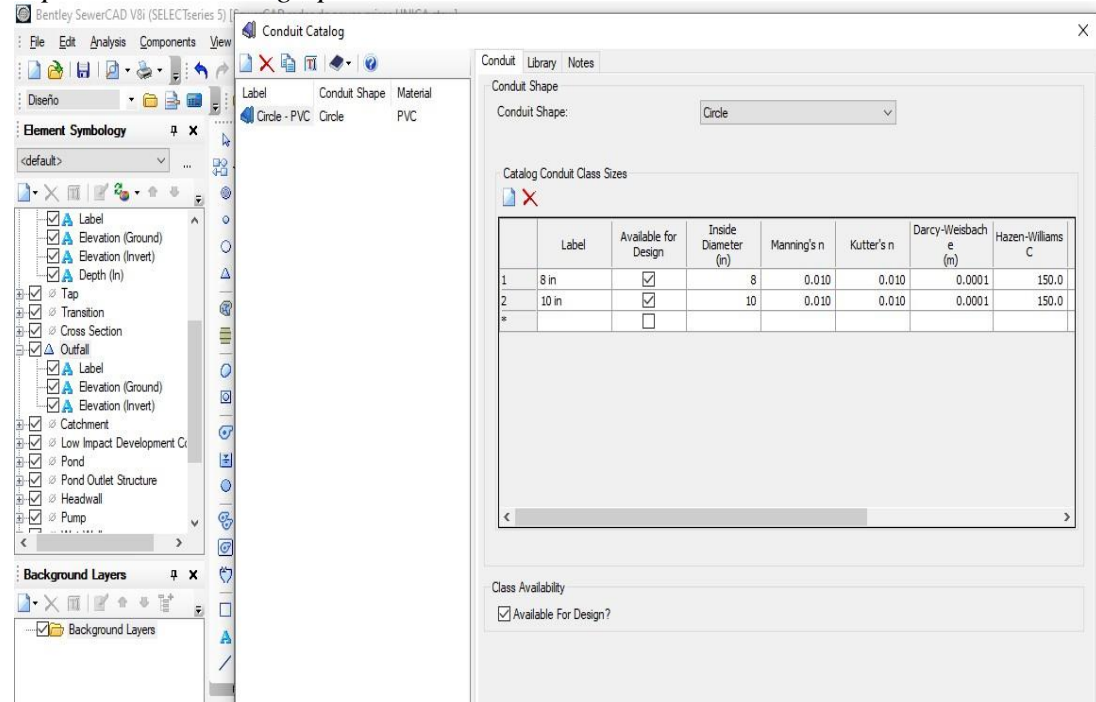
Fuente: Elaboración propia

**Figura 05**  
*Restricciones para el diseño*



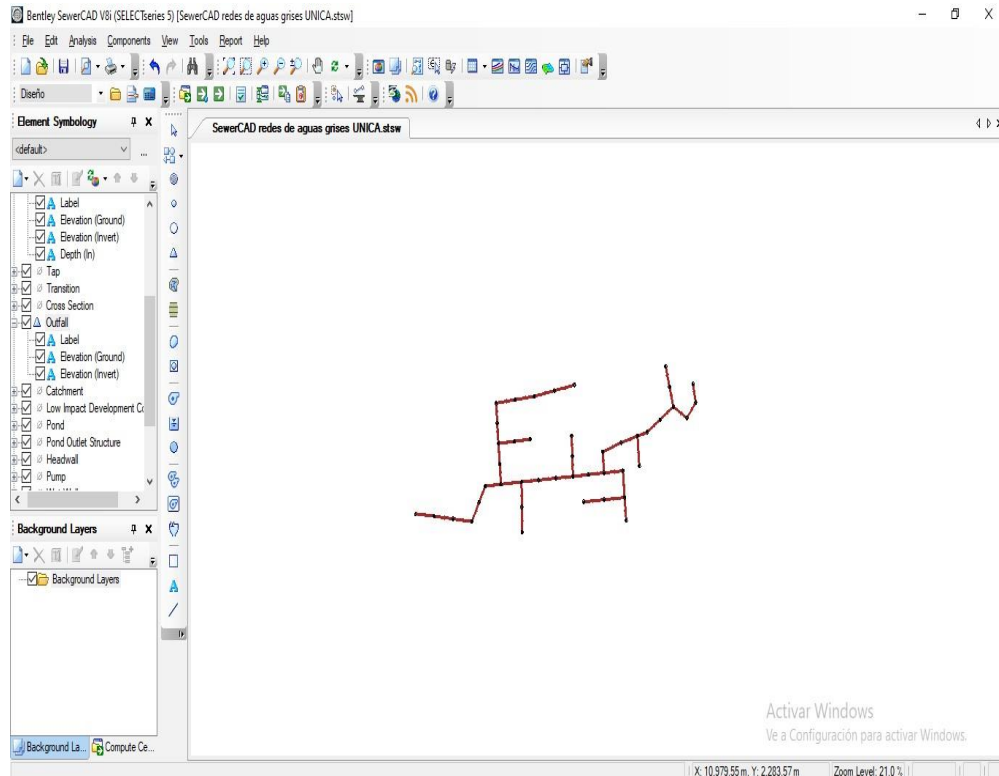
Fuente: Elaboración propia

**Figura 06**  
*Importando el catálogo para la tubería*



Fuente: Elaboración propia

**Figura 07**  
*Modelación hidráulica de la red de aguas grises*



Fuente: Fuente: Elaboración propia

**Figura 08**  
*Tabla de buzones para ingreso de datos correspondientes a elevaciones y cotas*

	Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Pm) (m)	Elevation (Driver) (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Depth (Structure) (m)
29:	Bz-9	418.25	418.25	415.17	10.25	415.27	415.27	3.08
30:	Bz-8	418.25	418.25	415.34	7.68	415.44	415.44	2.91
32:	Bz-2	418.25	418.25	416.68	1.83	416.73	416.73	1.57
33:	Bz-1	418.05	418.05	416.95	0.88	416.98	416.98	1.10
35:	Bz-40	417.90	417.90	412.09	44.72	412.27	412.27	5.81
36:	Bz-39	417.40	417.40	412.31	43.70	412.49	412.49	5.09
38:	Bz-30	417.05	417.05	413.59	10.46	413.69	413.69	3.46
39:	Bz-33	416.89	416.89	413.82	7.32	413.91	413.91	3.07
41:	Bz-34	416.91	416.91	414.05	6.38	414.14	414.14	2.86
43:	Bz-21	418.03	418.03	415.85	1.90	415.89	415.89	2.18
44:	Bz-22	417.25	417.25	416.15	0.95	416.18	416.18	1.10
46:	Bz-20	418.14	418.14	413.79	24.22	413.93	413.93	4.35
48:	Bz-3	418.68	418.68	416.44	2.90	416.50	416.50	2.24
50:	Bz-28	417.05	417.05	412.57	42.82	412.75	412.75	4.48
51:	Bz-29	417.10	417.10	413.35	11.42	413.44	413.44	3.75
54:	Bz-4	418.35	418.35	415.87	5.94	415.95	415.95	2.48
55:	Bz-5	417.87	417.87	416.11	1.95	416.16	416.16	1.76
57:	Bz-6	417.52	417.52	416.42	0.97	416.45	416.45	1.10
59:	Bz-13	418.50	418.50	414.32	20.08	414.44	414.44	4.18
60:	Bz-12	417.25	417.25	414.56	12.57	414.67	414.67	2.69
62:	Bz-41	417.15	417.15	411.84	46.01	412.03	412.03	5.31
64:	Bz-19	418.48	418.48	414.05	21.15	414.19	414.19	4.43
69:	Bz-15	418.25	418.25	416.07	5.15	416.15	416.15	2.18
70:	Bz-16	418.10	418.10	417.00	1.08	417.03	417.03	1.10
72:	Bz-32	416.84	416.84	415.74	1.09	415.77	415.77	1.10
73:	Bz-31	416.90	416.90	415.42	2.18	415.47	415.47	1.48
76:	Bz-11	418.25	418.25	414.89	11.58	414.99	414.99	3.36
78:	Bz-26	417.03	417.03	415.82	2.34	415.87	415.87	1.21
79:	Bz-27	417.25	417.25	416.15	1.17	416.18	416.18	1.10

Fuente: Fuente: Elaboración propia



**Figura 09**

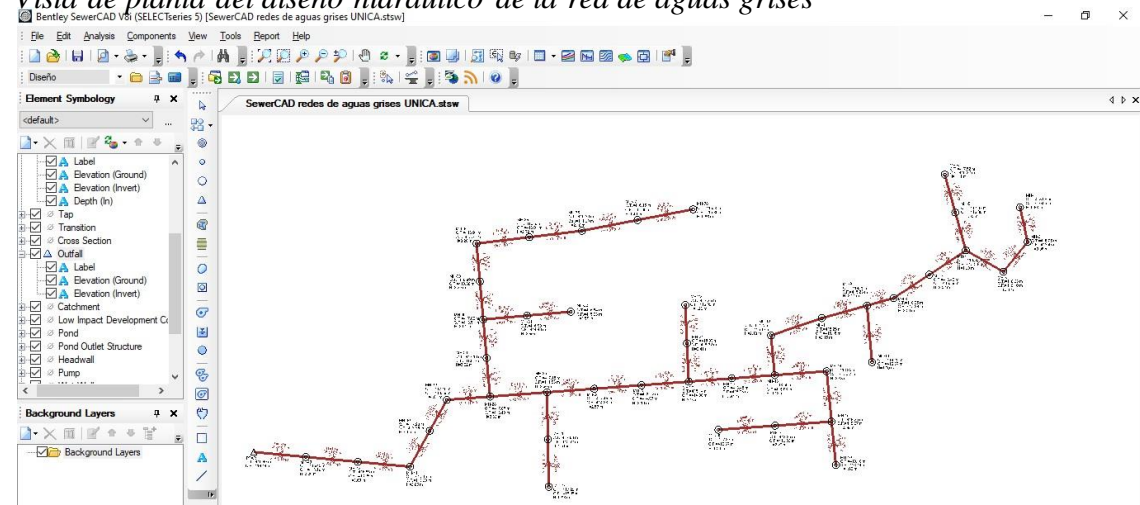
Tabla para ingresar los datos correspondientes al cálculo hidráulico de las tuberías

Label	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Section Type	Material	Manning's n	Diameter (mm)	Length (Scaled) (m)	Slope (Calculated) (%)	Velocity (m/s)	Depth (Middle) (m)	Capacity (Full Flow) (L/s)	Flow / Capacity (Design)	Depth/Rise (%)	Tractive Stress (Calculated) (Pascals)	
215: Tub-1	Tub-1	Bz-1	416.95	Bz-2	416.68	Circle	PVC	0.013	104	47.38	0.567	0.40	0.04	4.32	22.3	39.4	1.00
216: Tub-2	Tub-2	Bz-2	416.68	Bz-3	416.44	Circle	PVC	0.013	104	51.30	0.456	0.45	0.05	3.87	51.8	50.2	1.14
217: Tub-3	Tub-3	Bz-3	416.44	Bz-4	415.87	Circle	PVC	0.013	104	57.80	0.990	0.67	0.07	5.71	55.7	64.7	2.54
218: Tub-4	Tub-4	Bz-5	416.11	Bz-4	415.87	Circle	PVC	0.013	104	52.66	0.456	0.46	0.07	3.87	55.2	63.8	1.16
219: Tub-5	Tub-5	Bz-6	416.42	Bz-5	416.11	Circle	PVC	0.013	104	52.66	0.578	0.41	0.04	4.36	24.5	41.1	1.06
220: Tub-6	Tub-6	Bz-4	415.87	Bz-7	415.60	Circle	PVC	0.013	154	58.63	0.456	0.60	0.08	10.96	59.4	55.2	1.77
221: Tub-7	Tub-7	Bz-7	415.60	Bz-8	415.34	Circle	PVC	0.013	154	57.10	0.456	0.63	0.09	10.96	70.0	59.9	1.87
222: Tub-8	Tub-8	Bz-8	415.34	Bz-9	415.17	Circle	PVC	0.013	154	37.23	0.456	0.64	0.10	10.96	76.9	62.7	1.93
223: Tub-9	Tub-9	Bz-10	417.15	Bz-9	415.17	Circle	PVC	0.013	104	75.98	2.596	0.78	0.07	9.24	16.7	64.8	4.07
224: Tub-10	Tub-10	Bz-9	415.17	Bz-11	414.89	Circle	PVC	0.013	192	62.69	0.456	0.69	0.10	19.92	56.4	52.8	2.17
225: Tub-11	Tub-11	Bz-11	414.89	Bz-12	414.56	Circle	PVC	0.013	192	71.87	0.456	0.71	0.11	19.92	63.8	56.2	2.27
226: Tub-12	Tub-12	Bz-12	414.56	Bz-13	414.32	Circle	PVC	0.013	192	53.37	0.456	0.73	0.12	19.92	69.2	62.1	2.34
227: Tub-13	Tub-13	Bz-14	415.76	Bz-13	414.32	Circle	PVC	0.013	154	69.83	2.074	1.08	0.10	23.36	30.2	65.4	6.15
228: Tub-14	Tub-14	Bz-15	416.07	Bz-14	415.76	Circle	PVC	0.013	154	67.67	0.456	0.58	0.07	10.96	51.6	47.8	1.68
229: Tub-15	Tub-15	Bz-16	417.00	Bz-15	416.07	Circle	PVC	0.013	104	58.41	1.580	0.61	0.05	7.21	16.5	51.2	2.46
230: Tub-16	Tub-16	Bz-17	416.42	Bz-15	416.07	Circle	PVC	0.013	104	75.96	0.456	0.50	0.07	3.87	79.7	67.2	1.32
231: Tub-17	Tub-17	Bz-18	416.77	Bz-17	416.42	Circle	PVC	0.013	104	75.96	0.456	0.42	0.05	3.87	39.8	52.5	1.03
232: Tub-18	Tub-18	Bz-13	414.32	Bz-19	414.05	Circle	PVC	0.013	240	57.68	0.456	0.82	0.13	36.10	61.0	54.2	2.79
233: Tub-19	Tub-19	Bz-19	414.05	Bz-20	413.79	Circle	PVC	0.013	240	57.68	0.456	0.83	0.14	36.10	64.3	57.5	2.84
234: Tub-20	Tub-20	Bz-21	415.85	Bz-20	413.79	Circle	PVC	0.013	104	51.21	4.013	1.00	0.07	11.49	18.1	70.9	6.49
235: Tub-21	Tub-21	Bz-21	416.15	Bz-21	415.85	Circle	PVC	0.013	104	51.21	0.586	0.41	0.04	4.39	23.7	36.6	1.06
236: Tub-22	Tub-22	Bz-20	413.79	Bz-23	413.50	Circle	PVC	0.013	240	63.42	0.456	0.85	0.15	36.10	73.6	60.9	2.98
237: Tub-23	Tub-23	Bz-23	413.50	Bz-24	413.21	Circle	PVC	0.013	240	63.42	0.456	0.86	0.15	36.10	77.2	62.8	3.03
238: Tub-24	Tub-24	Bz-24	413.21	Bz-25	412.92	Circle	PVC	0.013	240	63.42	0.456	0.87	0.16	36.10	80.7	67.0	3.07
239: Tub-25	Tub-25	Bz-26	415.82	Bz-25	412.92	Circle	PVC	0.013	104	63.15	4.593	1.12	0.08	12.29	20.9	73.3	7.89
240: Tub-26	Tub-26	Bz-27	416.15	Bz-26	415.82	Circle	PVC	0.013	104	63.15	0.511	0.42	0.04	4.10	31.3	41.5	1.04
241: Tub-27	Tub-27	Bz-25	412.92	Bz-28	412.57	Circle	PVC	0.013	240	76.40	0.456	0.89	0.17	36.10	92.1	71.8	3.18
242: Tub-28	Tub-28	Bz-29	413.35	Bz-28	412.57	Circle	PVC	0.013	192	51.78	1.502	1.11	0.13	36.15	34.6	69.7	5.90
243: Tub-29	Tub-29	Bz-30	413.59	Bz-29	413.35	Circle	PVC	0.013	192	51.78	0.456	0.69	0.10	19.92	57.6	49.6	2.19
244: Tub-30	Tub-30	Bz-31	415.42	Bz-30	413.59	Circle	PVC	0.013	104	58.79	3.122	0.95	0.07	10.13	23.6	70.0	5.65

Fuente: Elaboración propia.

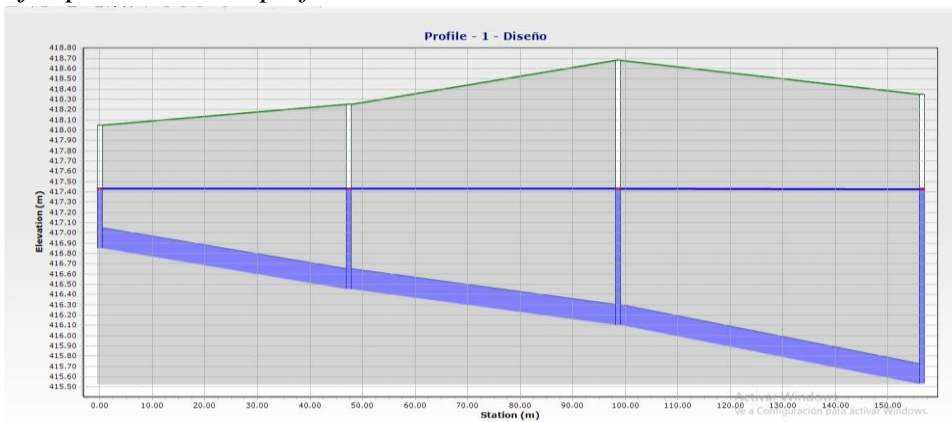
**Figura 10**

Vista de planta del diseño hidráulico de la red de aguas grises



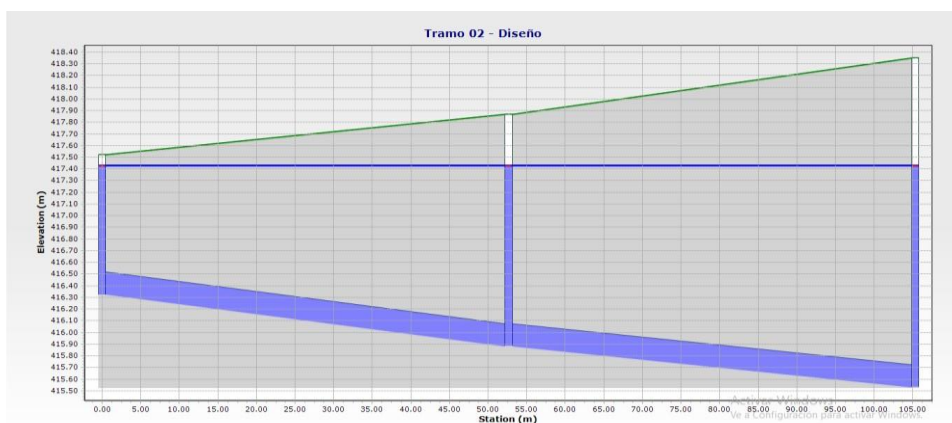
Fuente: Elaboración propia

**Figura 11**  
Ejemplo de vista de perfil entre buzones



Fuente: Elaboración propia

**Figura 12**  
Ejemplo de vista de perfil entre buzones



Fuente: Elaboración propia

### 1.2.2.3. Diseño hidráulico de planta de tratamiento de aguas grises

#### Dimensionamiento de la Infraestructura

Elementos de la planta de tratamiento de aguas grises:

- a) Cámara de rejillas
- b) Desarenador
- c) Vertedero Sutro
- d) Tanque de acumulación/homogenización y cisterna

#### a) Diseño de la Cámara de Rejas

Es un dispositivo constituido por rejillas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, estas pueden ser rectas o curvadas. su función es retener sólidos gruesos y

grandes, que son arrastrados por el flujo y estén flotando, para proteger los dispositivos de transporte de aguas contra la obstrucción en válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías y otras partes y equipos de la planta de tratamiento.

Según la Norma OS.090 el diseño incluirá una plataforma de operación y drenaje del material cribado con barandas de seguridad, iluminación para la operación durante la noche, y espacio para el almacenamiento temporal del material cribado en condiciones sanitarias adecuadas. Además, en el diseño de esta cámara se incluirán tres componentes, el canal de entrada, las rejas y el by pass.

El canal de entrada es la estructura en la cual descarga la tubería del colector de conducción en la planta, debe ser un canal de conducción a cielo abierto de sección rectangular de igual ancho que la tubería de llegada, para mantener constante la velocidad y el tirante del flujo.

La longitud del canal de acceso debe ser suficiente para dar cabida a la basura que se aglomere en las rejillas. El canal se diseña para un caudal máximo horario.

Cuando se trata de instalaciones pequeñas se adosa un canal con rejas con bypass para el caso de emergencia o mantenimiento.

Para el diseño de las rejas se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Usar barras de sección rectangular de 5 a 15 mm de espesor por 30 a 75 mm de ancho, las dimensiones dependen de la longitud de las barras y de limpieza.

El espaciamiento entre barras será entre 20 y 50 mm. Para localidades con sistema inadecuado de recolección de residuos sólidos se recomienda un espaciamiento no mayor a 25 mm.

Las dimensiones y espaciamiento entre barras se eligen de modo que la velocidad del canal antes de y a través de las barras sea adecuada.

El ángulo de inclinación de las barras de las rejas de limpieza manual será de 45° a 60° respecto a la horizontal.

El cálculo de la cantidad de material cribado se determina según:

**Tabla 03**

*Material Cribado de Agua Residual según Abertura entre Rejas*

Abertura entre rejas	Material cribado (lt/m <sup>3</sup> )
20 mm	0,038
25 mm	0,023
35 mm	0,012
40 mm	0,009

Fuente: (OPS/CEPIS-UNATSABAR, 2005)

Características de las rejas:

$$E = \frac{s}{e + s} :$$

Velocidad de paso entre rejas (V):

Debe estar entre 0.6 a 0.75 m/s. Si la velocidad es menor a 0.6 m/s, los sólidos tienden a sedimentarse. Si es mayor a 0.75 m/s los residuos que se quieren retener pasarán por entre las rejas.

Velocidad de aproximación aguas arriba de las rejas (Va):

$$V_a = V \times E$$

Área útil de las rejas (Au):

El caudal máximo residual calculado

$$A_u = \frac{Q_{EMISOR}}{V}$$

Área total (At):

$$A_t = \frac{A_u}{E}$$

Número de barras (N):

Si se asume el ancho del canal de rejas en B=40 cm =400mm, el número de barras distribuidas en este será:

$$N = \frac{B - s}{s + e}$$

Características del canal de transición:

Es usual que la transición entre la tubería de ingreso (Emisora) y el canal de rejas sea mayor que el diámetro de la tubería. Este tramo debe igualarse al ancho mismo de las rejas, para evitar espacios muertos. Para lograrlo se recomienda un ángulo de transición de 12°30'. En consecuencia, la longitud de esa transición (L) se calcula con:

$$L_T = \frac{B_2 - B_1}{2tg(12^\circ30')}$$

Dónde:

L<sub>T</sub> = Longitud de transición ingreso-canal (m)

B<sub>1</sub> = Ancho de canal o diámetro de tubería de ingreso (m)

B<sub>2</sub> = Ancho del canal de rejas (m)

Cálculo de tirante máximo ( $y_{m\acute{a}x}$ ):

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{A_t}{B}$$

Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ ):

$$R_h = \frac{A_t}{B + 2Y_{m\acute{a}x}}$$

Pendiente del canal (S):

Para este cálculo, se considera canal de concreto, para lo cual usamos un coeficiente  $n=0.013$ . Luego:

$$S = \left( \frac{Q_{EMISOR} \times n}{A \times R_h^{2/3}} \right)^2$$

Características del Bypass:

Tirante sobre el vertedero del by pass ( $Y_{bp}$ ):

Inicialmente se asume un ancho del vertedero igual a  $B_v = 0.25$  m y el ancho del canal del bypass será igual al ancho del canal de rejillas.

$$Y_{bp} = \left( \frac{Q_{EMISOR}}{1.838B_v} \right)^{2/3}$$

Área:

$$A = B_v \times Y_{bp}$$

Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ )

$$R_h = \frac{A}{B_v + 2Y_{bp}}$$

Pendiente del Bypass (S):

$$S = \left( \frac{Q_{EMISOR} \times n}{A \times R_h^{2/3}} \right)^2$$

Datos del emisor:

Diámetro del emisor ( $D_e$ ):  $\frac{y_e}{D_e} = 0.90$

Tirante del emisor ( $y_e$ ):

Radio hidráulico del emisor ( $R_e$ ):

$$\frac{R_e}{D_e} = 0.298$$

Área del emisor ( $A_e$ ):

$$\frac{A_e}{D_e^2} = 0.7445$$



Pendiente en el emisor ( $S_e$ ):

$$S = \left( \frac{Q_{m\acute{a}x} \times n}{A_e \times R_e^{2/3}} \right)^2$$

Velocidad en el emisor ( $V_e$ ):

$$V_e = \frac{Q_{EMISOR}}{A_e}$$

Pérdida de carga en la transición ( $Hf_t$ ):

$$Hf_t = \frac{[(V_e - V_a)^2 \times 0.1]}{2g}$$

Desnivel entre el fondo de la tubería y el fondo del canal ( $Z$ ):

$$Z = \left( \frac{V_e^2}{2g} + y_e \right) - \left( \frac{V_a^2}{2g} + y_{m\acute{a}x} \right) - Hf_t$$

Pérdida de carga en la reja ( $h_f$ ):

$$h_f = \frac{V^2 - V_a^2}{2g \times 0.7}$$

Pérdida de carga en la reja 50% de ensuciamiento ( $h_{f50\%}$ ):

$$h_{f50\%} = \frac{(2V)^2 - V_a^2}{2g \times 0.7}$$

Altura total al inicio de la cámara de rejillas:

$$h_1 = D_e + Z + 0.20$$

La altura total a la salida de la cámara de rejillas será:

$$h_2 = h_1 + Z$$

## b) Diseño del desarenador:

Es un dispositivo obligatorio en plantas que tienen sedimentadores y digestores. Contará con una unidad previa que reduce la velocidad de las aguas residuales para sedimentar y remover sólidos minerales y otros. En la salida del desarenador se colocará un vertedero para el control de velocidad de flujo. Estos pueden ser del tipo Sutro, Parshall o trapezoidales. Para el diseño hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

Los desarenadores son opcionales cuando se trata de sistemas de lagunas de estabilización.

La norma OS.090 recomienda que la velocidad del flujo debe controlarse y mantenerse alrededor de 0.3 m/seg con una tolerancia de 20%. La tasa de aplicación estará entre 45 y 70 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h, verificada para las condiciones del lugar y para el caudal máximo horario.

A la salida y entrada del desarenador se preverá, a cada lado, por lo menos una longitud adicional equivalente a 25% de la longitud teórica.

La relación entre largo y altura del agua deberá estar entre 10 y 20.

La altura del agua y borde libre debe comprobarse para el caudal máximo horario.

Se debe proveer dos unidades de operación alterna como mínimo.

En desarenadores de limpieza manual se incluirá compuertas para poner fuera de funcionamiento a cualquiera de las unidades.

Las dimensiones del dispositivo acumulador de arena se determinan en función de la cantidad prevista de material y la frecuencia de limpieza deseada.

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

#### Dimensionado del Desarenador:

Experimentalmente se sabe que las partículas de arena nocivas son aquellas que tienen un tamaño igual o mayor a 0.2 mm, cuyo peso específico es de 2.65 gr/cm<sup>3</sup> y sedimentan con una velocidad del orden de 2 cm/s. Además, también se ha constatado que los desarenadores deben diseñarse con tasas de aplicación de 600 a 1,200 m/(m/día).

Velocidad horizontal de sedimentación ( $V_s$ ):

Inicialmente suponemos que el flujo se encuentra en régimen laminar, donde la velocidad de sedimentación se determina mediante la Ley de Stokes, la cual se calcula con la siguiente expresión:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left( \frac{\rho - 1}{\eta} \right) d_c^2$$

Donde,  $\eta$  es la viscosidad cinemática del flujo obtenida de la tabla No. 04, para una determinada temperatura. Esto es importante ya que, al disminuir la temperatura, aumenta la viscosidad del fluido, afectando a la velocidad de sedimentación. El sedimento en suspensión requiere más tiempo para sedimentar.

**Tabla 04***Densidad y Viscosidad del Agua calculadas de las tablas "International Critical"*

Temperatura C°	Densidad (gr/cm3)	Viscosidad Cinemática	Temperatura C°	Densidad (gr/cm3)	Viscosidad Cinemática
0	0,99987	1,7923	20	0,99823	1,0105
1	0,99993	1,7321	21	0,99802	0,9863
2	0,99997	1,6741	22	0,99780	0,9629
3	0,99999	1,6193	23	0,88757	0,9403
4	1,00000	1,5676	24	0,99733	0,9186
5	0,99999	1,5188	25	0,99707	0,8975
6	0,99997	1,4726	26	0,99681	0,8774
7	0,99993	1,4288	27	0,99654	0,8581
8	0,99988	1,3874	28	0,99626	0,8394
9	0,99981	1,3479	29	0,99597	0,8214
10	0,99973	1,3101	30	0,99568	0,8039
11	0,99963	1,2740	31	0,99537	0,7870
12	0,99952	1,2396	32	0,99505	0,7708
13	0,99940	1,2068	33	0,99437	0,7751
14	0,99927	1,1756	34	0,99440	0,7398
15	0,99913	1,1457	35	0,99406	0,7251
16	0,99897	1,1168	36	0,99371	0,7109
17	0,99880	1,0888	37	0,99336	0,6971
18	0,99862	1,0618	38	0,99299	0,6839
19	0,99843	1,0356	39	0,99262	0,6711

Fuente: (Rivas, G., 1978)

**Verificación del Número de Reynolds:**

Para que se pueda aplicar la Ley de Stokes, el número de Reynolds obtenido debe ser:  $Re < 0.5$ , siendo:

$$R_s = \frac{V_s \times d_c}{\eta}$$

Si no cumple se hace un reajuste al valor de  $V_s$ , considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación obtenida de la fig.02, propuesto por Rivas Mijares-1978.

Calculamos el término del diámetro, con los datos existentes:

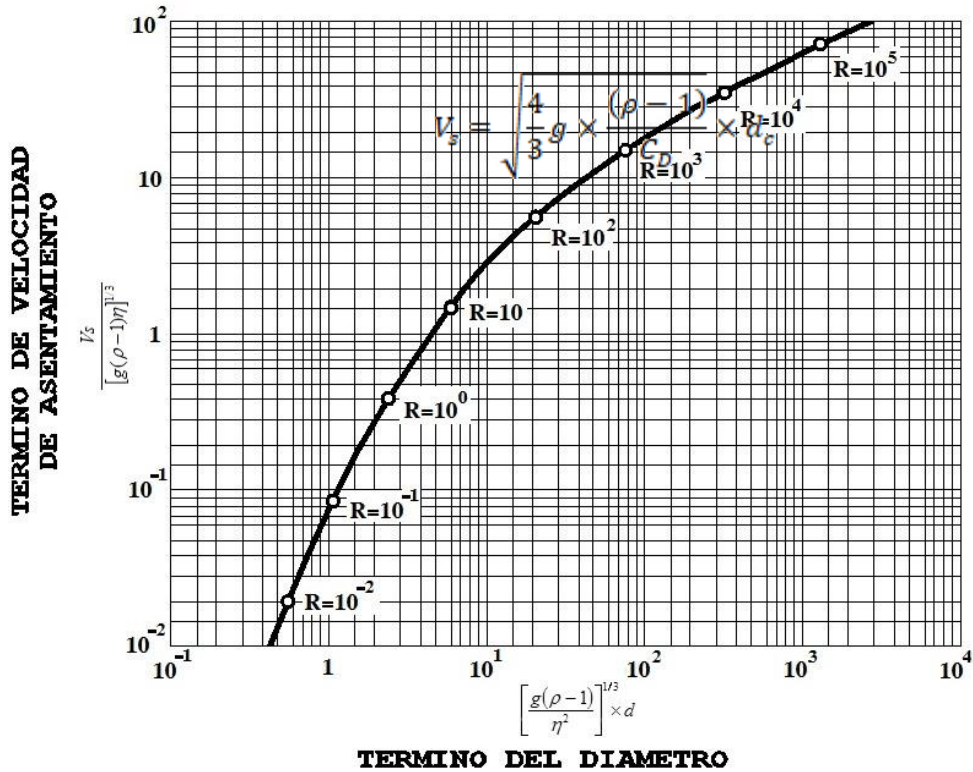
$$\left[ \frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{1/3} \times d$$

Con el dato obtenido ingresamos al gráfico anterior y obtenemos el término de velocidad de asentamiento, en régimen de transición:

$$\frac{V_s}{[g(\rho - 1)\eta]^{1/3}}$$

**Figura 13**

*Velocidad De Sedimentación En Régimen De Transición*



Fuente: (CEPIS, 1997)

Despejando  $V_s$ :

Comprobamos nuevamente si cumple con la condición de Reynolds:

$$R_e = \frac{V_s \times d_c}{\eta}$$

$$V_s = 0.80 \times [g(\rho - 1)\eta]^{1/3}$$

Nuevamente comprobamos que no cumple para aplicar la Ley de Stokes, entonces el flujo se encuentra en régimen de transición, luego aplicamos la Ley de Allen, donde la velocidad de sedimentación se obtiene de:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3} g \times \frac{(\rho - 1)}{C_D}} \times d_c$$

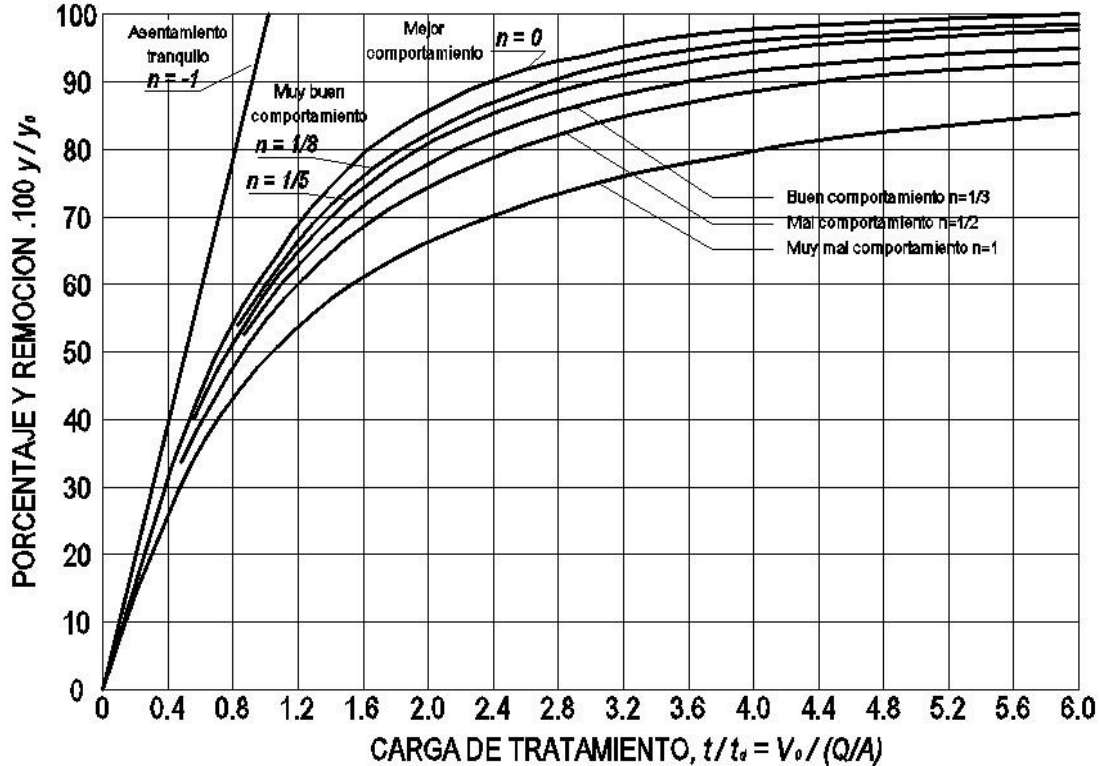
$C_D$  es el coeficiente de arrastre en función del número de Reynolds, obtenido con:

$$C_D = \frac{24}{R} + \frac{3}{\sqrt{R}} + 0.34$$

Con esta ecuación se calcula el área requerida. El caudal se incrementa

previamente por un coeficiente de seguridad (0.34) que garantiza la eficiencia requerida, según Rivas Mijares-1978. Considerando 100% de eficiencia y remoción, del gráfico siguiente obtenemos:

**Figura 14**  
*Curvas de Comportamiento*



Fuente: (CEPIS, 1997)

$$V'_s = \frac{Q_{EMISOR} \times C_{seg}}{A_s}$$

Despejando el área superficial:

$$A_s = \frac{Q_p \times C_{seg}}{V'_s}$$

Dimensiones del desarenador:

Se calcula mediante la relación:  $A_s = L \times B$

Se recomienda que el valor de “L” deba estar entre 10H y 20H

La norma OS.090 recomienda que se disponga de 02 canales de desarenador para poder hacer limpieza sin que se obstruya el flujo, por consiguiente, cada desarenador tendrá las mismas dimensiones, de manera que la disposición final de este elemento queda de la siguiente forma:

Calculamos la longitud de transición

Esta se refiere a la distancia entre la cámara de rejillas y el desarenador, considerando una inclinación de  $12^\circ 30'$ , para identificar las siguientes dimensiones:

B1 (ancho del canal de rejillas asumido)

B2 (ancho de los desarenadores + espesor de muro)

Luego, el valor máximo es:

$$L_T = \frac{B_2 - B_1}{2 \operatorname{tg}(12^\circ 30')}$$

El valor mínimo será 0.30 m cuando no se pueda aplicar geoméricamente este criterio, sin embargo, debe mantenerse la inclinación de 12°30'.

Velocidad de flujo en el tanque:

Utilizamos la fórmula de Camp, para lo cual previamente debemos elegir una constante “a” relacionada con el diámetro de la partícula:

**Tabla 05**

*Valores de “a” para la Fórmula de Camp*

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

Fuente: (ANA, 2010)

Este valor es menor que 1m/s, lo que garantiza baja velocidad para poder separar y remover el material sólido que arrastra el caudal.

Calculo de la velocidad de caída de la partícula:  $V = a\sqrt{d}$

Existen varios criterios según diversos investigadores, entre los cuales tenemos:

### Arkhangelski

La velocidad de caída se determina según el siguiente cuadro:

**Tabla 06**

*Velocidad de Caída según Arkhangelski*

d(mm)	W (cm/s)	d(mm)	W (cm/s)
0,05	0,18	0,50	5,40
0,10	0,69	0,55	5,94
0,15	1,56	0,60	6,48
0,20	2,16	0,70	7,32
0,25	2,70	0,80	8,07
0,30	3,24	1,00	9,44
0,35	3,78	2,00	15,29
0,40	4,32	3,00	19,25
0,45	4,86	5,00	24,90

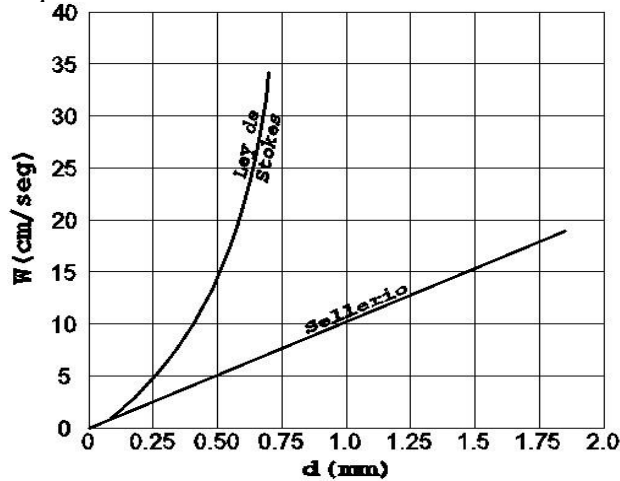
Fuente: (ANA, 2010)

### Stokes y Sellerio

La velocidad de caída se determina según el siguiente nomograma, utilizando la velocidad de flujo en el tanque según Camp:

**Figura 15**

*Experiencia de Sellerio*



Fuente: (ANA, 2010)

### Owens

Para aplicar su fórmula se determina una constante “K” de la siguiente tabla:

**Tabla 07**

*Valores de la constante “K” para la Fórmula de Owens*

Forma y naturaleza	K
Arena esférica	9,35
Granos redondeados	8,25
Granos de cuarzo d > 3mm	6,12
Granos de cuarzo d > 0.7mm	1,28

Fuente: (ANA, 2010)

$$W = k \times [d \times (\rho - 1)]^{\frac{1}{2}}$$

Su ecuación, en función del diámetro de la partícula es:

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

Verificación de la longitud del desarenador:

Las dimensiones en el prisma de flujo en el desarenador.

$$Q = (B \times H) \times V \rightarrow B = \frac{Q_{EMISOR}}{H \times V}$$

Longitud del desarenador:

$$L = \frac{H \times V}{W}$$

Tiempo de sedimentación:

$$T = \frac{H}{W}$$

Volumen de agua conducido en el tiempo:

$$V = Q_{EMISOR} \times T$$

Verificación de la capacidad del tanque:

$$V = B \times H \times L$$

Altura total a la salida del desarenador:

Para facilitar el lavado en el fondo del desarenador se le dará una pendiente de 2% desde el final de la longitud de transición. Luego, la diferencia de altura entre la entrada y salida del desarenador será:

$$\Delta h = L \times \frac{S}{100}$$

Finalmente, la altura total a la salida del desarenador será:

$$H_t = H + \Delta h$$

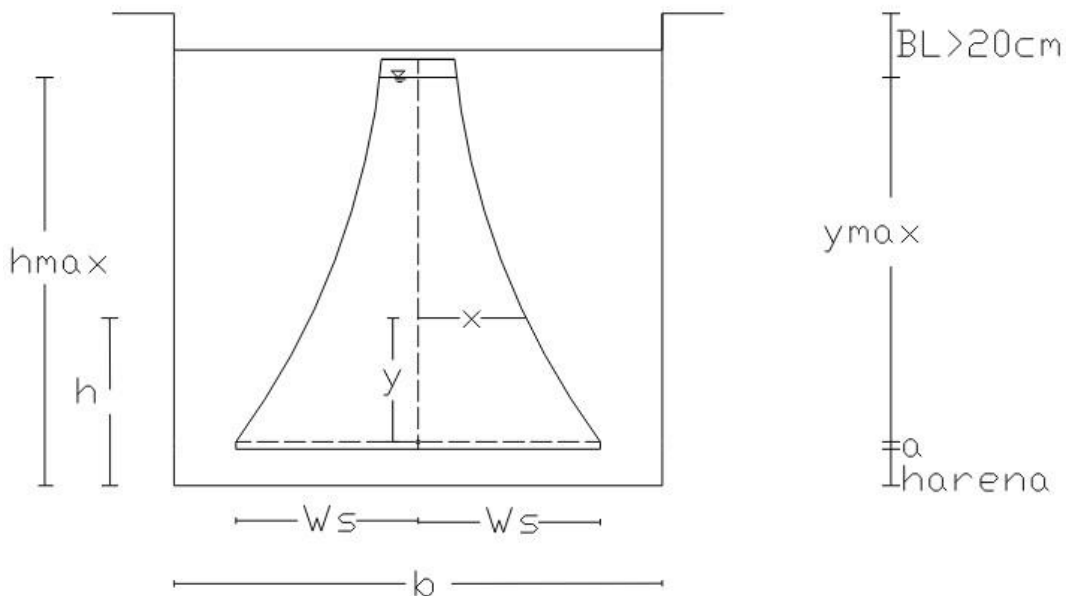
Las dimensiones totales y finales del desarenador se muestran en los anexos.

c) Diseño del vertedero Sutro:

Es un dispositivo obligatorio que sirve para el control de velocidad del flujo y se coloca al final del desarenador. Para este caso utilizaremos un vertedero proporcional o vertedero Sutro, el cual consiste en una placa vertical con una abertura de acuerdo a la siguiente figura:

**Figura 16**

*Vertedero Proporcional Sutro*



Fuente: bvsde.ops-OMS.org

De la figura anterior,  $h_{m\acute{a}x}$  es la Altura del canal  $h_{canal} = 0.30$  m asumido para el diseño del desarenador, la misma que representa:



$$h_{m\acute{a}x} = h_{canal} = y + a + h_{arena}$$

Del cual despejamos la altura Y:

$$y = h_{canal} - a - h_{arena}$$

Donde “a” es la altura de agua residual que pasa por encima de la cresta del vertedero.

Se recomienda valores entre 2.5 cm a 10 cm (0.025m a 0.10m) para líquidos cloacales.

La ecuación que rige a este tipo de vertedero es:

$$W_s = \frac{Q_{Vertedero}}{2\sqrt{2ag}\left(y + \frac{2}{3}a\right)}$$

Donde  $Q_{Vertedero}$  es determinado por la siguiente expresión:

$$Q_{Vertedero} = 1.84BH^{2/3}$$

Se determina la forma de las paredes del vertedero con:

$$x = b \times \left(1 - \frac{2}{\pi} \times \arctg \sqrt{\frac{y}{a}}\right)$$

d) Diseño de tanque de acumulación/homogenización y cisterna:

El almacenamiento del agua tratada se realiza teniendo el valor del caudal máximo diario  $Q_{md}$  que ingresará, calculando así el área de trabajo:

$$A = Q_{md}/H$$

Siendo:

$Q_{md}$ : Caudal máximo diario (m<sup>3</sup>/s)

A: Área en planta del tanque total de almacenamiento (m<sup>2</sup>)

H: Altura del tanque de almacenamiento (m)

### 1.3. Marco legal

- Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma OS.100 Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria”.
- Resolución Ministerial-153-2019 “Guía de diseños estandarizados para infraestructura sanitaria menor en proyectos de saneamiento en el ámbito urbano” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma OS.070 Redes de aguas residuales”.
- Reglamento Nacional de Edificaciones. “Norma OS.090 Plantas de tratamiento de aguas residuales”.

### 1.4. Marco conceptual

Se presentan los conceptos de los términos que mayor uso hacen en la investigación, que conlleven a uniformizar criterios:

- **Parámetro de diseño:** Conjuntos de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento, cálculos hidráulicos de los diferentes componentes del sistema recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales.
- **Criterios de diseño:** Guía de ingeniería que especifica objetivos, resultados o límites que debe cumplir en el diseño de un proceso, estructura o comportamiento de un sistema.
- **Carga de Diseño:** Relaciones entre caudal y concentración de un parámetro específico que se usa para dimensionar un proceso de tratamiento.
- **Carga Superficial:** Caudal o masa de un parámetro por unidad de área que se usa para dimensionar un proceso de tratamiento.

**Aguas Grises:** Las aguas grises son aguas residuales generadas por las actividades domésticas, tales como la lavandería, el lavado de platos, y el baño, se diferencian del agua de los baños en que esta última designa a las aguas residuales o aguas negras que contienen desechos humanos; estas pueden ser recicladas en el lugar para usos como el riego de jardines y humedales artificiales.

- **Eficiencia de tratamiento:** Relación entre la masa o concentración removida y la masa, o concentración aplicada en decimales o porcentaje.
- **Grado de tratamiento:** Eficiencia de remoción de una planta de tratamiento de aguas residuales para cumplir con los requisitos de calidad de cuerpo receptor o las normas de reúso.
- **Impacto Ambiental:** Cambio o efecto sobre el ambiente que resulta de una acción específica.
- **Caudal Pico:** Caudal máximo en un intervalo dado.
- **Caudal Máximo Horario:** Caudal a la hora de máxima descarga.
- **Caudal Medio:** Promedio de los caudales diario de un periodo determinado.
- **Manejo de aguas residuales:** Conjunto de obras de recolección, tratamiento, disposición y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia con relación a las aguas residuales.
- **Obras de llegada en planta de tratamiento:** Depósitos de la planta de tratamiento

inmediatamente después del emisor y antes de los procesos de tratamientos.

- Población Equivalente: La población estimada al relacionar la carga de un parámetro (generalmente DBO sólidos en suspensión) con el correspondiente aporte per. Cápita (g DBO/ (hab. D) o g SS/ (hab. D)).
- Sistema de tratamiento: Sistema de tratamiento para una vivienda o un número determinado de viviendas.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 2.1. Situación problemática

Según el Plan Nacional de Acción Ambiental – Perú 2011 – 2021, “**deben ejecutarse planes para brindar total cobertura para la reutilización y el tratamiento de las aguas residuales en la zona urbana** hasta acrecentar la cobertura en la zona rural, garantizar el cuidado de los cuerpos de agua, mejor gestión de las cuencas, considerando la sostenibilidad”. (ANA, s.f.).

Siendo así, en la ciudad universitaria se utiliza mucho el agua potable para riego de áreas verdes. Un sistema de recolección y tratamiento de aguas grises servirá para el propósito de reutilizar dichas aguas en el regadío de áreas verdes, incluso para ser usados en inodoros y urinarios. Para ello hay que contar primero con la red de recolección de estas aguas.

En el año 2017, Velázquez, D. (2017) propuso la “Utilización de las Aguas Grises, en la Facultad de Ingeniería Civil, Enfermería, Farmacia y Odontología de la Universidad “San Luis Gonzaga” de Ica”, en la cual se planteó una instalación típica para separar las aguas grises de las aguas negras, de manera que estas vayan directamente hacia un punto de recolección en cada facultad.

A partir de allí quedó pendiente el diseño de la red colectora de aguas grises y una planta de tratamiento para poder reutilizar dichas aguas: “El utilizar las aguas grises para el regado de las áreas verdes, nos brinda un ahorro de agua potable de 2000 lt diarios equivalente a 48,000 lt al mes, de esta manera se contribuye con el ambiente y economía de la nuestra institución y con el planeta”. “El análisis realizado con muestras de agua, demuestra que el agua gris, es apta para el sistema de riego de jardinería, lo cual hace auto sostenible el regado de áreas verdes”.

En tal sentido es necesario complementar esta idea inicial con los diseños de, la red colectora aplicando un modelo de simulación numérica y de la planta de tratamiento de aguas grises.

#### 2.2. Formulación del problema

##### 2.2.1. Problema general

¿En qué medida influye la aplicación del modelo hidráulico SewerCad para el dimensionamiento de la red colectora de desagües de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”?

### 2.2.2. Problemas específicos

¿En qué medida influye la aplicación del modelo hidráulico SewerCad en la modelación de la red colectora de aguas grises de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”?

¿En qué medida la modelación de la red colectora aplicando el modelo hidráulico SewerCad y la planta de tratamiento de aguas residuales influyen en la gestión sostenible de la biodiversidad en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”?

## 2.3. Delimitación del problema

### 2.3.1. Delimitación espacial o geográfica

El lugar materia del presente estudio, se encuentra ubicado en el campus de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” con dirección en la Av. Los Maestros S/N - Ica.

La ciudad de Ica se ubica en el sur del Perú a 380 m.s.n.m. sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 13°28' y 14°53' Latitud Sur y los Meridianos 74°58' y 75°54' longitud Oeste.

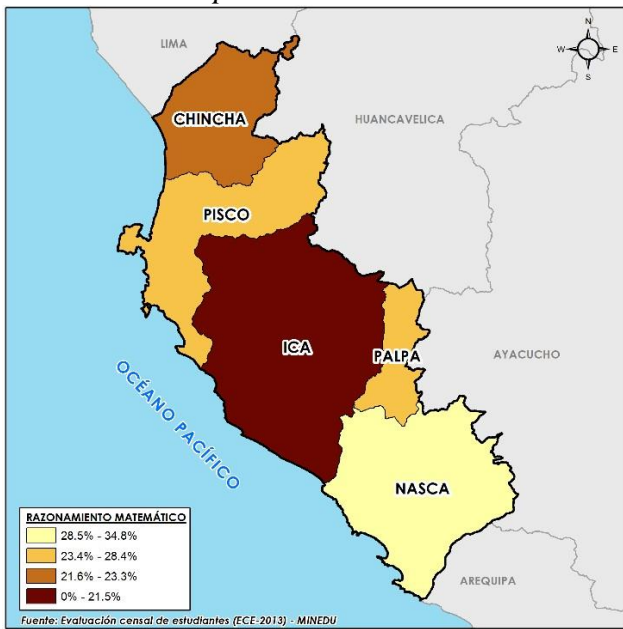
### **Figura 17**

*Ubicación del departamento de Ica*



Fuente: (jemma5, 2009)

**Figura 18**  
Ubicación de la provincia de Ica



Fuente: (MEF, 2009)

**Figura 19**  
Ubicación del distrito de Ica



Fuente: (perutoptours, 2005)

**Figura 20**  
*Zona del Proyecto Ciudad Universitaria UNSLG*



Fuente: (Google Earth Pro, 2020)

### 2.3.2. Delimitación temporal

Es el tiempo en que se recogen los datos y para el cual las conclusiones del estudio son válidas. En este caso, siendo una investigación transversal, la delimitación temporal corresponde a 4 meses.

### 2.3.3. Delimitación social

Es el área socioeconómica en la que se desarrolla la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, el cual cuenta con una población de 19,457 considerando estudiantes, docentes y personal administrativo.

### 2.3.3. Delimitación conceptual

La presente investigación se desarrollará considerando como tema general la **SOSTENIBILIDAD DE RECURSOS HÍDRICOS**, siendo el tema específico el **DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED Y TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES**, circunscribiéndose al diseño de la red y dimensionado de la planta de tratamiento de las aguas grises para la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” desde el punto de vista hidráulico, aplicando la modelación numérica con SewerCad para desarrollar una simulación que permitirá obtener resultados óptimos. Para ello se tendrán en cuenta las normas OS.070, OS.090, OS.100 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), los manuales de diseño nacionales y teorías disponibles.

## **2.4. Justificación e importancia de la investigación**

### 2.4.1. Justificación

El presente estudio se justifica, por cuanto se busca aportar alternativas de solución a la falta de un sistema de tratamiento de las aguas grises, para la reutilización de las aguas tratadas en el riego de áreas verdes de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Será un apoyo para la gestión sostenible de la biodiversidad mediante el uso racional y sostenible de dichas aguas tratadas dentro de la ciudad universitaria.

### 2.4.2. Importancia

Esta radica en la necesidad de buscar la sostenibilidad de los recursos hídricos en concordancia con Plan Nacional de Acción Ambiental – Perú 2011 – 2021, para dotar a la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” con una red colectora y planta de tratamiento para aguas de desagües que puedan ser reutilizadas de manera que generen ahorro económico.

## **2.5. Objetivos de la investigación**

### 2.5.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la aplicación del modelo hidráulico SewerCad en el diseño de la red, y el tratamiento de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

### 2.5.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia de la aplicación del modelo hidráulico SewerCad en el diseño de la red colectora de aguas grises de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

Determinar la influencia del diseño de la red colectora aplicando el modelo hidráulico SewerCad y la planta de tratamiento de aguas residuales en la gestión sostenible de la biodiversidad en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

## **2.6. Hipótesis de investigación**

### 2.6.1. Hipótesis general o principal

La aplicación del modelo hidráulico SewerCad influye en el diseño de la red, y tratamiento de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

### 2.6.2. Hipótesis específicas .



La aplicación del modelo hidráulico SewerCad influye en el diseño de la red colectora de aguas grises de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

El modelamiento de la red colectora aplicando el modelo hidráulico SewerCad y la planta de tratamiento de aguas residuales influyen en la gestión sostenible de la biodiversidad en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

## 2.7. Variables de investigación

### 2.7.1. Identificación de variables

Variable independiente

*“Aplicación del modelo hidráulico SewerCad”.*

Variable dependiente

*“El diseño de la red y tratamiento de las aguas grises”*

### 2.7.2. Operacionalización de variables

**Tabla 08**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
INDEPENDIENTE:  “Aplicación del modelo hidráulico SewerCAD”.	Proceso de modelación numérica para el diseño hidráulico de la red y tratamiento de las aguas grises.	Configuración de la red de aguas grises.  Disposición y ubicación del tratamiento de aguas grises.	Planos topográficos actuales de la ciudad universitaria.
DEPENDIENTE:  “El diseño de la red y tratamiento de las aguas grises”.	Proceso de diseño hidráulico de la red de tuberías de las aguas grises y de la planta de tratamiento.	Dimensionado de la red de aguas grises.  Dimensionado de la planta de tratamiento de aguas grises.	Población y caudales de diseño.

*Fuente: Elaboración propia*

## CAPÍTULO III

### ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo, nivel y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Son las diversas modalidades o modelos usados por los investigadores. De acuerdo a las características de la tesis, se trata de una investigación *aplicada*, pues se ocupa de la solución de problemas prácticos, dentro de la aplicación de la ciencia.

##### 3.1.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación de la presente tesis es *descriptivo – explicativo*. En referencia al primer nivel señalado, es el acto de representar por medio de palabras las características de fenómenos, hechos, situaciones, cosas, personas y demás seres vivos, de manera que quien lea o interprete la investigación, los evoque en la mente. Con referencia al nivel explicativo, es un proceso que va mucho más allá de la simple descripción de un objeto.

##### 3.1.3. Diseño de investigación

La investigación es *no experimental* ya que se observan fenómenos ya realizados, de tal manera que no son provocados intencionalmente por el investigador y esta situación puede ser transversal, porque se han recogido datos en una sola medición.

#### 3.2. Población y muestra materia de investigación

##### 3.2.1. Población de estudio

La población objetivo será toda la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, que tiene una población de 19,457 entre alumnos, docentes y personal administrativo, que se obtuvo de informes brindados por la Oficina General de Matrícula, Registro y Estadística.

##### 3.2.2. Tamaño de la muestra

La ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, del distrito de Ica, provincia de Ica,.

## CAPÍTULO IV

### TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

#### 4.1. Técnicas de recolección de datos

Las principales técnicas que se ha empleado en la investigación son:

##### 4.1.1 Observación de campo no experimental

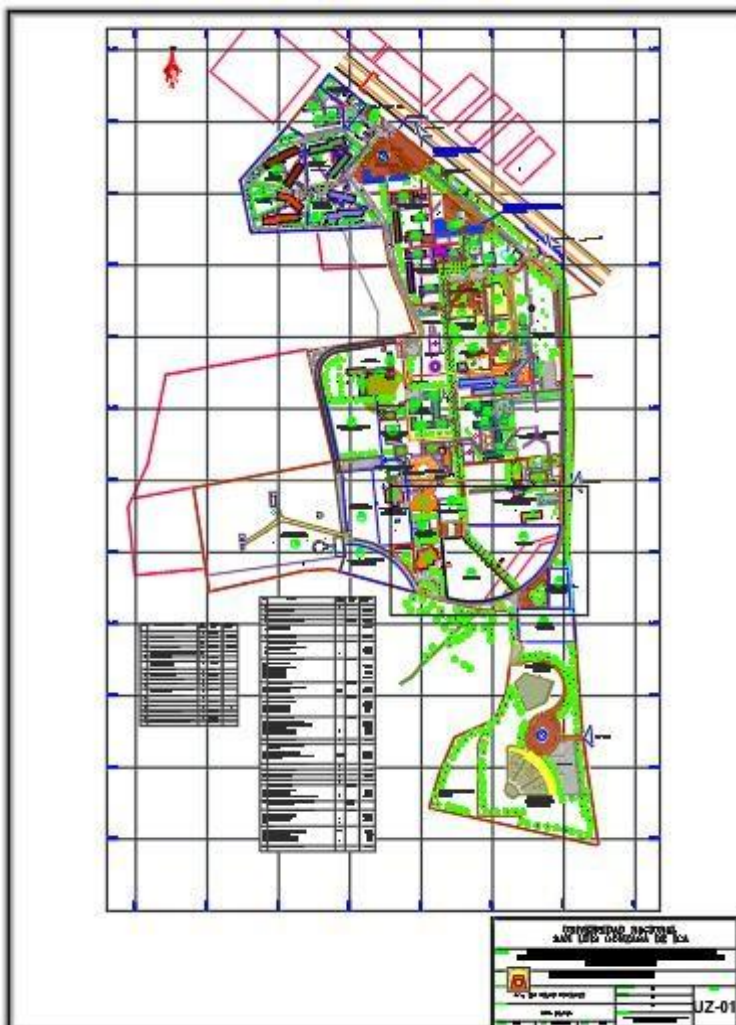
- a) Se tomaron fotografías de las diferentes Facultades que funcionan en la ciudad universitaria de la UNSLG. (Ver panel fotográfico en los anexos)
- b) Se solicitó los estudios topográficos a la Dirección General de Infraestructura y Mantenimiento - UNSLG para determinar las cotas de los puntos por donde se proyectará la red colectora de aguas grises y la planta de tratamiento.

##### 4.1.2 Recopilación de información temática:

- a) Dirección General de Infraestructura y Mantenimiento:

#### **Figura 21**

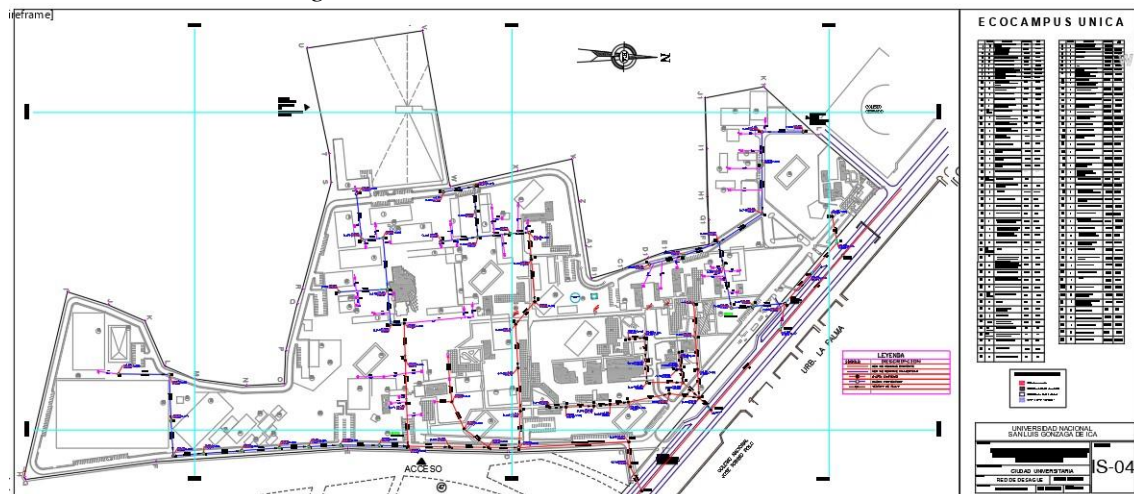
*Plano Director y Zonificación de la Ciudad Universitaria*



Fuente: Dirección General de Infraestructura y Mantenimiento - UNSLG

**Figura 22**

*Plano de la red de desague – Ciudad Universitaria - UNSLG*



Fuente: Dirección General de Infraestructura y Mantenimiento - UNSLG

b) Dirección General de Personal:

**Tabla 09**

*Número de Personal Administrativo que labora en la Ciudad Universitaria – UNSLG*

Facultad/ Dirección General/Servicios	Cantidad de Personal
Facultad de Administración	12
Facultad de Ciencias	22
Facultad de Ciencias de la Comunicación	12
Facultad de Derecho	23
Facultad de Economía y Contabilidad	13
Facultad de Educación	26
Facultad de Enfermería	14
Facultad de Farmacia	16
Facultad de Ingeniería Mecánica	24
Facultad de Ingeniería Química	19
Facultad de Ingeniería de Sistemas	8
Facultad de Ingeniería Civil	20
Facultad de Odontología	16
Oficina de Bienestar Universitario	32
Oficina General de Infraestructura y Mantenimiento	99
Oficina General de Matrícula, Registro y Estadística	14
Oficina General de Personal (Seguridad y Vigilancia)	116
Planta Piloto	4
Centro Médico Universitario	6
Centro Pre Universitario	10
Editorial Universitaria	6
<b>Total:</b>	<b>512</b>

Fuente: Dirección General de Personal – UNSLG (2017)

**Tabla 10***Número de Docentes por Facultad - UNICA-2017*

No.	Facultad	No. de docentes
1	Administración	35
2	Agronomía	39
3	Ciencias	89
4	Ciencias de la Comunicación	9
5	Derecho	46
6	Economía y Contabilidad	61
7	Educación	73
8	Enfermería	58
9	Farmacia y Bioquímica	60
10	Ingeniería Civil	31
11	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	68
12	Ingeniería Química y Petroquímica	36
13	Ingeniería Ambiental y Sanitaria	17
14	Medicina Humana	114
15	Minas y Metalurgia	30
16	Odontología	52
17	Ingeniería Pesquera y de Alimentos	23
18	Escuela de Postgrado	2
19	Medicina Veterinaria y Zootecnia	29
20	Obstetricia	17
<b>TOTAL</b>		<b>889</b>

Fuente: Dirección General de Personal – UNSLG

## c) Oficina General de Matrícula, Registro y Estadística

**Tabla 11***Estadística de Alumnos Matriculados - Año Académico 2019 - 1er. Semestre*

No.	Facultad	No. De alumnos	No.	Facultad	No. De alumnos
1	Obstetricia	331	13	Ing. Mecánica y Eléctrica	1,223
2	Ing. Ambiental y Sanitaria	737	14	Ing. de Minas y Metalurgia	881
3	Ciencias Biológicas	558	15	Ing. Química y Petroquím.	722
4	Administración	1,122	16	Medicina Humana	937
5	Agronomía	766	17	Medicina Veterin. y Zootec.	405
6	Ciencias	481	18	Odontología	428
7	Educación	2,014	19	Ing. Pesquera y de Alimen.	480
8	Derecho y Ciencias Políticas	1,109	20	Turismo y Arqueología	825
9	Contabilidad	1,151	21	Ingeniería de Sistemas	551
10	Enfermería	523	22	Arquitectura	336
11	Farmacia y Bioquímica	894	23	Psicología	361
12	Ingeniería Civil	866	24	Ciencias Económicas	1,709
<b>Total:</b>					<b>19,410</b>

Fuente: Oficina General de Matrícula, Registro y Estadística-UNSLG, 2019

d) Centro de Estudios Pre Universitarios.

**Tabla 12**

*No. de alumnos inscritos por Año*

Año	Alumnos matriculados
2016	2500
2017	2530
2018	2700

Fuente: Centro de Estudios Pre Universitarios - UNSLG

#### **4.2. Instrumentos de recolección de datos**

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son:

Obtención de información de mediante documentos como informes, estudios de investigación,, , que se utilizo en el en la elaboración de antecedentes, lográndose determinar la información relacionado con el problema.

#### **4.3. Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos**

Las técnicas de procesamiento serán: Selección, depuración y resumen de los datos recolectados. Respecto al análisis se aplicará el análisis cuantitativo y su interpretación será objetiva.

#### **4.4. Procedimientos**

De las tablas mostradas con datos obtenidos durante la recopilación de la información temática se tomarán los datos relevantes para la investigación:

De la Tabla 09, se deduce que todos los datos consignados sobre personal administrativo corresponden exclusivamente a la ciudad universitaria por lo tanto el dato relevante es:

***Personal Administrativo que labora en la Ciudad Universitaria = 512***

De la Tabla 10, se deduce que los datos consignados sobre personal docente incluyen a facultades que no funcionan en la ciudad universitaria:

**Tabla 13**

*Número de docentes que no laboran en la ciudad universitaria - UNSLG*

Facultad	No. de docentes
Agronomía	39
Ingeniería de Minas y Metalurgia	30
Medicina Humana	114
Medicina Veterinaria y Zootecnia	29
Ingeniería Pesquera y de Alimentos	23
Escuela de Post Grado	2
Obstetricia	17
Total:	254

Fuente: Elaboración propia – OGP (2017)

Depurando la Tabla 13 se tiene: 635 docentes

**Tabla 14**

*Número de Docentes que labora en la ciudad universitaria - UNSLG*

<i>No.</i>	<i>Facultad</i>	<i>No. de docentes</i>
1	Administración	35
2	Ciencias	89
3	Ciencias de la Comunicación	9
4	Derecho	46
5	Economía y Contabilidad	61
6	Educación	73
7	Enfermería	58
8	Farmacia y Bioquímica	60
9	Ingeniería Civil	31
10	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	68
11	Ingeniería Química y Petroquímica	36
12	Odontología	52
13	Ingeniería Química y Petroquímica	17
total		635

Fuente: Elaboración propia – OGP (2017)

De la Tabla 12, se deduce que los datos consignados sobre alumnos matriculados, se incluye a facultades que no funcionan en la ciudad universitaria:

**Tabla 15**

*Facultades que no funcionan en la ciudad universitaria de la UNSLG*

<i>Facultad</i>	<i>Nº de alumnos</i>
Agronomía	766
Minas y Metalurgia	881
Medicina Humana	937
Medicina Veterinaria y Zootecnia	405
Ingeniería Pesquera y de Alimentos	480
Obstetricia	331
<b>Total:</b>	<b>3800</b>

Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, los datos depurados son: 3800 alumnos.

**Tabla 16***Número de Alumnos que estudian en la Ciudad Universitaria - UNSLG*

No.	Facultad	alumnos
1	Ingeniería Ambiental y Sanitaria	737
2	Ciencias Biológicas	558
3	Administración	1,122
4	Ciencias	481
5	Educación	2,014
6	Derecho y Ciencias Políticas	1,109
7	Contabilidad	1,151
8	Enfermería	523
9	Farmacia y Bioquímica	894
10	Ingeniería Civil	866
11	Ingeniería Mecánica y Eléctrica	1,223
12	Ingeniería Química y Petroquímica	722
13	Odontología	428
14	Ciencias de la Educación, Turismo y Arqueología	825
15	Ingeniería de Sistemas	551
16	Arquitectura	336
17	Psicología	361
18	Ciencias Económicas	1,709
TOTAL		15,610

Fuente: Elaboración propia – OGMRE

De la Tabla 13, se tomará el dato con mayor valor, en consecuencia:

***Número de estudiantes del CEPU = 2700***



## CAPÍTULO V

### PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1 Descripción de la zona del proyecto

El proyecto se sitúa en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, las características son las típicas de una zona urbana, pero en este caso la población es estudiantil, docente y administrativa los cuales realizan labores académicas durante todos los días del año siendo semejante a una sociedad urbana de viviendas.

La ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” cuenta con los servicios de luz eléctrica, sistema de agua potable, sistema de alcantarillado los cuales se encuentran en continuo uso y en mal estado, de la sociedad académica.

#### 5.2. Consideraciones para el diseño del proyecto

##### 5.2.1. Periodo de diseño

Según la Tabla 01 “*Periodos de diseño recomendados para estructuras hidráulicas de alcantarillado*”, se ha optado por un periodo de diseño de **20 años**, Todo ello comprendido entre el año 2021 que se realiza el diseño y el año 2041 en que culmina el período de diseño.

##### 5.2.2. Población de diseño

###### 5.2.2.1. Datos de población

De acuerdo a los datos depurados de la información obtenida en el Capítulo IV, resumiendo, se tiene:

**Tabla 17**

<i>Población Total en la ciudad universitaria - UNSLG</i>	
Población	Total
Personal Administrativo	512
Personal Docente	635
Estudiantes por Facultades	15,610
Estudiantes del CEPU	2,700
<b>Población Total:</b>	<b>19,457</b>

*Fuente: Elaboración propia*

###### 5.2.2.2. Población de diseño

En este caso, población total obtenida, es la población de servicio, que no se proyecta a futuro porque el crecimiento en locales educacionales es limitado.

##### 5.2.3. Dotación

###### 5.2.3.1. Dotación de consumo

a) Población en la ciudad universitaria:

Según las Normas OS se considera como una localidad Urbana. Luego para la localidad de Ica se considera una dotación de 150 lt/hab/día. Considerando una población de servicio de 19,457 personas se obtiene:

El Caudal Promedio Diario Anual total es: 33.78 lt/s

$$Q_P = D \times P_s$$

$$Q_P = 150 \text{ lt/hab/día} \times 19,457 \text{ hab}$$

$$Q_P = \frac{150 \text{ lt} \times 19,457}{86400 \text{ s}}$$

$$Q_P = 33.78 \text{ lt/s}$$

#### 5.2.3.2. Variaciones de la demanda

Según la norma OS.100 (RNE):

- Para el caudal máximo anual de la demanda diaria:  $K_1 = 1.3$
- Para el caudal máximo anual de la demanda horaria:  $K_2 = 1.8$  a  $2.5$

#### 5.2.4. Caudales de diseño

##### 5.2.4.1. Caudal máximo diario ( $Q_{md}$ )

$$Q_P = 1.3 \times 33.78 \text{ lt/s}$$

$$Q_P = 43.91 \text{ lt/s}$$

##### 5.2.4.2. Caudal máximo horario ( $Q_{mh}$ )

$$Q_{mh} = 1.8 \times 33.78 \text{ lt/s}$$

$$Q_{mh} = 60.80 \text{ lt/s}$$

##### 5.2.4.3. Caudal para red colectora de aguas grises:

Según el ítem 1.2.1.4.3. “Caudal para red de alcantarillado”:

$$Q_{ALC} = 0.8 \times 60.80 \text{ lt/s}$$

$$Q_{ALC} = 48.64 \text{ lt/s}$$

##### 5.2.4.4. Caudal de diseño para la red de aguas grises

Según el ítem 1.2.1.4.4. “Caudal de diseño para red de aguas grises”:

$$Q_{CE} = \frac{0.143 \times 19,457}{86,400} = 0.03 \text{ lt/s}$$

Luego:

$$Q_{GRISES} = 48.64 - 0.03 \text{ lt/s}$$

$$Q_{GRISES} = 48.61 \text{ lt/s}$$

##### 5.2.4.5. Caudal de diseño para la PTAG

$$Q_{EMISOR} = Q_{GRISES}$$

$$Q_{EMISOR} = 48.61 \text{ lt/s}$$

### 5.3. Descripción del proyecto

#### Redes

La red consiste en: 2,554.09 ml de tuberías PVC desde 104 mm hasta 303 mm

ver cálculos del Software mm en general, NTP ISO 4435 y una tubería emisora de 70.04 ml PVC de 303 mm, ver cálculos del Software con sistema de empalme a unión flexible. 43 buzones de concreto simple  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , de 1.20 m de diámetro, de altura variable  $H=1.10$  a  $5.81$  m y losa superior con tapa de concreto armado de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .

### **Modelación de las Redes**

Se usarán tuberías de PVC series 20 y 25 que cumplan con el estándar de calidad ISO 4435. Los diámetros se pueden predimensionar empleando las fórmulas anteriores, tomando en cuenta la velocidad mínima, el caudal unitario de diseño, el coeficiente de rugosidad “n” de la tubería y la pendiente promedio. El predimensionado es:

Red colectora de Alcantarillado 110 mm, 160 mm, 200 mm, 250 mm y 315 mm

Línea del Emisor. 315 mm

#### 5.3.1 Datos para la aplicación del modelo hidráulico

SewerCad: Se necesita el caudal de diseño .

$$Q_{GRISES} = 48.61 \text{ lt/s}$$

**Tabla 18***Cálculo hidráulico de la redes de aguas grises*

Label	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Section Type	Material	Manning's n	Diameter (mm)
Tub-1	Bz-1	416.95	Bz-2	416.68	Circle	PVC	0.013	104
Tub-2	Bz-2	416.68	Bz-3	416.44	Circle	PVC	0.013	104
Tub-3	Bz-3	416.44	Bz-4	415.87	Circle	PVC	0.013	104
Tub-4	Bz-5	416.11	Bz-4	415.87	Circle	PVC	0.013	104
Tub-5	Bz-6	416.42	Bz-5	416.11	Circle	PVC	0.013	104
Tub-6	Bz-4	415.87	Bz-7	415.6	Circle	PVC	0.013	154
Tub-7	Bz-7	415.6	Bz-8	415.34	Circle	PVC	0.013	154
Tub-8	Bz-8	415.34	Bz-9	415.17	Circle	PVC	0.013	154
Tub-9	Bz-10	417.15	Bz-9	415.17	Circle	PVC	0.013	104
Tub-10	Bz-9	415.17	Bz-11	414.89	Circle	PVC	0.013	192
Tub-11	Bz-11	414.89	Bz-12	414.56	Circle	PVC	0.013	192
Tub-12	Bz-12	414.56	Bz-13	414.32	Circle	PVC	0.013	192
Tub-13	Bz-14	415.76	Bz-13	414.32	Circle	PVC	0.013	154
Tub-14	Bz-15	416.07	Bz-14	415.76	Circle	PVC	0.013	154
Tub-15	Bz-16	417	Bz-15	416.07	Circle	PVC	0.013	104
Tub-16	Bz-17	416.42	Bz-15	416.07	Circle	PVC	0.013	104
Tub-17	Bz-18	416.77	Bz-17	416.42	Circle	PVC	0.013	104
Tub-18	Bz-13	414.32	Bz-19	414.05	Circle	PVC	0.013	240
Tub-19	Bz-19	414.05	Bz-20	413.79	Circle	PVC	0.013	240
Tub-20	Bz-21	415.85	Bz-20	413.79	Circle	PVC	0.013	104
Tub-21	Bz-22	416.15	Bz-21	415.85	Circle	PVC	0.013	104
Tub-22	Bz-20	413.79	Bz-23	413.5	Circle	PVC	0.013	240
Tub-23	Bz-23	413.5	Bz-24	413.21	Circle	PVC	0.013	240
Tub-24	Bz-24	413.21	Bz-25	412.92	Circle	PVC	0.013	240
Tub-25	Bz-26	415.82	Bz-25	412.92	Circle	PVC	0.013	104
Tub-26	Bz-27	416.15	Bz-26	415.82	Circle	PVC	0.013	104
Tub-27	Bz-25	412.92	Bz-28	412.57	Circle	PVC	0.013	240
Tub-28	Bz-29	413.35	Bz-28	412.57	Circle	PVC	0.013	192
Tub-29	Bz-30	413.59	Bz-29	413.35	Circle	PVC	0.013	192
Tub-30	Bz-31	415.42	Bz-30	413.59	Circle	PVC	0.013	104
Tub-31	Bz-32	415.74	Bz-31	415.42	Circle	PVC	0.013	104
Tub-32	Bz-33	413.82	Bz-30	413.59	Circle	PVC	0.013	154
Tub-33	Bz-34	414.05	Bz-33	413.82	Circle	PVC	0.013	154
Tub-34	Bz-35	414.38	Bz-34	414.05	Circle	PVC	0.013	154
Tub-35	Bz-36	414.7	Bz-35	414.38	Circle	PVC	0.013	154
Tub-36	Bz-37	415.05	Bz-36	414.7	Circle	PVC	0.013	104
Tub-37	Bz-38	415.4	Bz-37	415.05	Circle	PVC	0.013	104
Tub-38	Bz-28	412.57	Bz-39	412.31	Circle	PVC	0.013	303
Tub-39	Bz-39	412.31	Bz-40	412.09	Circle	PVC	0.013	303
Tub-40	Bz-40	412.09	Bz-41	411.84	Circle	PVC	0.013	303
Tub-41	Bz-41	411.84	Bz-42	411.53	Circle	PVC	0.013	303
Tub-42	Bz-42	411.53	Bz-43	411.21	Circle	PVC	0.013	303
Tub-43	Bz-43	411.21	PTAG	410.89	Circle	PVC	0.013	303

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.4. Cálculo hidráulico del sistema de tratamiento de aguas grises

### 5.4.1. Red colectora

#### 5.4.1.1. Caudal de diseño

El caudal:  $Q_{EMISOR} = 48.61 \text{ lt/s}$

#### 5.4.1.2. Modelación hidráulico con el modelo numérico SewerCad

**Tabla 19**

*Resultados de las tuberías de la red de aguas grises*

Label	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Length (m)	Slope (%)	Catalog Class	Diameter (mm)	Velocity (m/s)	Tractive Stress (Pascals)
T-1	MH-1	416.85	MH-2	416.45	47.38	0.843	Circle - PVC	200	0.05	1.379
T-2	MH-2	416.45	MH-3	416.10	51.30	0.679	Circle - PVC	200	0.06	1.308
T-3	MH-3	416.10	MH-4	415.53	57.80	0.997	Circle - PVC	200	0.09	2.094
T-4	MH-5	415.88	MH-4	415.53	52.66	0.665	Circle - PVC	200	0.06	1.301
T-5	MH-6	416.32	MH-5	415.88	52.66	0.843	Circle - PVC	200	0.05	1.379
T-6	MH-4	415.53	MH-7	415.39	58.63	0.234	Circle - PVC	200	0.23	1.021
T-7	MH-7	415.39	MH-8	415.28	57.10	0.185	Circle - PVC	200	0.33	1.245
T-8	MH-8	415.28	MH-9	415.23	37.23	0.152	Circle - PVC	250	0.28	1.151
T-9	MH-10	416.37	MH-9	415.23	75.98	1.500	Circle - PVC	200	0.05	2.158
T-10	MH-9	415.23	MH-11	415.15	62.69	0.122	Circle - PVC	250	0.40	1.015
T-11	MH-11	415.15	MH-12	415.07	71.87	0.112	Circle - PVC	250	0.51	1.168
T-12	MH-12	415.07	MH-13	415.03	53.37	0.080	Circle - PVC	250	0.63	1.008
T-13	MH-14	415.37	MH-13	415.03	69.83	0.498	Circle - PVC	200	0.26	1.921
T-14	MH-15	415.57	MH-14	415.37	67.67	0.285	Circle - PVC	200	0.18	1.055
T-15	MH-16	416.44	MH-15	415.57	58.41	1.500	Circle - PVC	200	0.05	2.158
T-16	MH-17	416.03	MH-15	415.57	75.96	0.609	Circle - PVC	200	0.07	1.271
T-17	MH-18	416.67	MH-17	416.03	75.96	0.843	Circle - PVC	200	0.05	1.379
T-18	MH-13	415.03	MH-19	414.98	57.68	0.080	Circle - PVC	250	0.99	1.054
T-19	MH-19	414.98	MH-20	414.93	57.68	0.080	Circle - PVC	250	1.19	1.015
T-20	MH-21	415.62	MH-20	414.93	51.21	1.335	Circle - PVC	200	0.06	2.229
T-21	MH-22	416.05	MH-21	415.62	51.21	0.843	Circle - PVC	200	0.05	1.379
T-22	MH-20	414.93	MH-23	414.88	63.42	0.080	Circle - PVC	250	1.47	1.152
T-23	MH-23	414.88	MH-24	414.83	63.42	0.080	Circle - PVC	250	1.71	1.475
T-24	MH-24	414.83	MH-25	414.54	63.42	0.468	Circle - PVC	250	1.97	2.864
T-25	MH-26	415.48	MH-25	414.54	63.15	1.500	Circle - PVC	200	0.07	2.500
T-26	MH-27	416.05	MH-26	415.48	63.15	0.896	Circle - PVC	200	0.05	1.446
T-27	MH-25	414.54	MH-28	413.39	76.40	1.500	Circle - PVC	250	2.31	9.188
T-28	MH-29	413.45	MH-28	413.39	51.78	0.113	Circle - PVC	250	0.48	1.387
T-29	MH-30	413.51	MH-29	413.45	51.78	0.127	Circle - PVC	250	0.37	1.109
T-30	MH-31	414.40	MH-30	413.51	58.79	1.500	Circle - PVC	200	0.07	2.478
T-31	MH-32	415.28	MH-31	414.40	58.79	1.500	Circle - PVC	200	0.05	2.158
T-32	MH-33	413.60	MH-30	413.51	50.93	0.172	Circle - PVC	250	0.24	1.324
T-33	MH-34	413.71	MH-33	413.60	50.93	0.211	Circle - PVC	200	0.27	1.007
T-34	MH-35	413.91	MH-34	413.71	71.00	0.284	Circle - PVC	200	0.18	1.055
T-35	MH-36	414.20	MH-35	413.91	71.00	0.406	Circle - PVC	200	0.11	1.151
T-36	MH-37	414.66	MH-36	414.20	75.81	0.609	Circle - PVC	200	0.07	1.271
T-37	MH-38	415.30	MH-37	414.66	75.81	0.843	Circle - PVC	200	0.05	1.379
T-38	MH-28	413.39	MH-39	413.34	58.01	0.080	Circle - PVC	250	3.21	1.018
T-39	MH-39	413.34	MH-40	413.31	47.44	0.080	Circle - PVC	250	3.65	1.018
T-40	MH-40	413.31	MH-41	413.26	54.70	0.080	Circle - PVC	250	4.10	1.018
T-41	MH-41	413.26	MH-42	413.21	70.04	0.080	Circle - PVC	250	4.55	1.018
T-42	MH-42	413.21	MH-43	413.15	70.04	0.080	Circle - PVC	250	5.02	1.018
T-43	MH-43	413.15	PTAG	413.09	70.04	0.080	Circle - PVC	250	5.50	1.018

*Fuente: Elaboración propia*

Se diseñó con la separación máxima entre cámaras de inspección, de 80m según diámetro de tubería para tuberías en el rango de 200 mm a 315mm, con diámetros presentes de 200 mm u 8” y de 315 mm o 12” como máximo, cumpliendo así con las restricciones de diseño según las normas técnicas peruanas.

**Tabla 20**

*Resultados de las cámaras de inspección de la red de aguas grises*

Label	Elevation (Ground) (m)	Elevation (Rim) (m)	Elevation (Invert) (m)	Flow (Total Out) (L/s)	Hydraulic Grade Line (In) (m)	Hydraulic Grade Line (Out) (m)	Depth (Structure) (m)
Bz-1	418.05	418.05	416.95	0.88	416.98	416.98	1.1
Bz-2	418.25	418.25	416.68	1.83	416.73	416.73	1.57
Bz-3	418.68	418.68	416.44	2.9	416.5	416.5	2.24
Bz-4	418.35	418.35	415.87	5.94	415.95	415.95	2.48
Bz-5	417.87	417.87	416.11	1.95	416.16	416.16	1.76
Bz-6	417.52	417.52	416.42	0.97	416.45	416.45	1.1
Bz-7	418.45	418.45	415.6	6.99	415.69	415.69	2.85
Bz-8	418.25	418.25	415.34	7.68	415.44	415.44	2.91
Bz-9	418.25	418.25	415.17	10.25	415.27	415.27	3.08
Bz-10	418.25	418.25	417.15	1.41	417.18	417.18	1.1
Bz-11	418.25	418.25	414.89	11.58	414.99	414.99	3.36
Bz-12	417.25	417.25	414.56	12.57	414.67	414.67	2.69
Bz-13	418.5	418.5	414.32	20.08	414.44	414.44	4.18
Bz-14	418.25	418.25	415.76	6.44	415.84	415.84	2.49
Bz-15	418.25	418.25	416.07	5.15	416.15	416.15	2.18
Bz-16	418.1	418.1	417	1.08	417.03	417.03	1.1
Bz-17	418.35	418.35	416.42	2.81	416.49	416.49	1.93
Bz-18	417.87	417.87	416.77	1.41	416.81	416.81	1.1
Bz-19	418.48	418.48	414.05	21.15	414.19	414.19	4.43
Bz-20	418.14	418.14	413.79	24.22	413.93	413.93	4.35
Bz-21	418.03	418.03	415.85	1.9	415.89	415.89	2.18
Bz-22	417.25	417.25	416.15	0.95	416.18	416.18	1.1
Bz-23	418.12	418.12	413.5	25.4	413.65	413.65	4.62
Bz-24	417.45	417.45	413.21	26.57	413.37	413.37	4.24
Bz-25	417.18	417.18	412.92	30.33	413.09	413.09	4.26
Bz-26	417.03	417.03	415.82	2.34	415.87	415.87	1.21
Bz-27	417.25	417.25	416.15	1.17	416.18	416.18	1.1
Bz-28	417.05	417.05	412.57	42.82	412.75	412.75	4.48
Bz-29	417.1	417.1	413.35	11.42	413.44	413.44	3.75
Bz-30	417.05	417.05	413.59	10.46	413.69	413.69	3.46
Bz-31	416.9	416.9	415.42	2.18	415.47	415.47	1.48
Bz-32	416.84	416.84	415.74	1.09	415.77	415.77	1.1
Bz-33	416.89	416.89	413.82	7.32	413.91	413.91	3.07
Bz-34	416.91	416.91	414.05	6.38	414.14	414.14	2.86
Bz-35	416.63	416.63	414.38	5.44	414.45	414.45	2.25
Bz-36	416.3	416.3	414.7	4.12	414.77	414.77	1.6
Bz-37	416.15	416.15	415.05	2.81	415.11	415.11	1.1
Bz-38	416.5	416.5	415.4	1.4	415.44	415.44	1.1
Bz-39	417.4	417.4	412.31	43.7	412.49	412.49	5.09
Bz-40	417.9	417.9	412.09	44.72	412.27	412.27	5.81
Bz-41	417.15	417.15	411.84	46.01	412.03	412.03	5.31
Bz-42	416.85	416.85	411.53	47.31	411.71	411.71	5.32
Bz-43	416.45	416.45	411.21	48.61	411.4	411.4	5.24

Fuente: Elaboración propia

Comentario:

Las alturas de las cámaras de inspección son mayores a 1m y menores a 5m de altura, por lo tanto, serán buzones según las normas técnicas peruanas.

#### 5.4.2. Diseño hidráulico de la planta de tratamiento de aguas grises (PTAG)

Para el diseño el caudal a utilizar es:

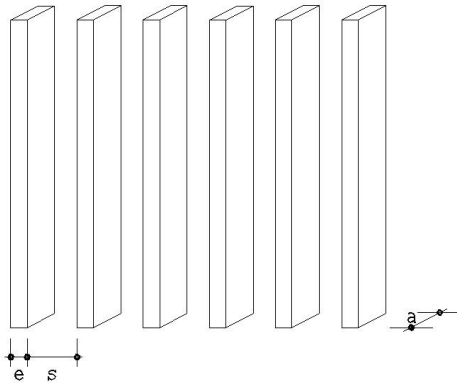
$$Q_{EMISOR} = 48.61 \text{ lt/s}$$

##### 5.4.2.1 Cámara de rejas

Características de las rejas:

**Figura 23**

*Esquema de separación de rejas*



Fuente: Elaboración propia

Espesor de barra  $e = 6.35 \text{ mm}$  (Según OS.090 entre 5 y 15mm)

Ancho de barra  $a = 38.1 \text{ mm}$  (Según OS.090 entre 30 y 75 mm)

Separación entre barras  $s = 20.0 \text{ mm}$  (Según OS.090 entre 20 y 50 mm)

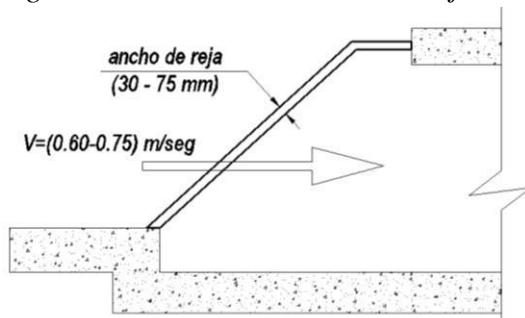
Eficiencia de la reja (E):

$$E = \frac{s}{e + s} = \frac{20.0}{6.35 + 20.0} = 0.76$$

Velocidad de paso entre rejas (V):

**Figura 24**

*Rango de Velocidad de Paso entre rejas*



Fuente: Elaboración propia

$$V = 0.60 \text{ m/seg}$$

Considerando la figura anterior, se opta por:

Velocidad de aproximación aguas arriba de las rejillas ( $V_a$ ):

$$V_a = V \times E = 0.60 \times 0.76 = 0.455 \text{ m/seg}$$

Área útil de las rejillas ( $A_u$ ):

El caudal máximo residual calculado es:

$$A_u = \frac{Q_{EMISOR}}{V} = \frac{0.02429 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.60 \text{ m/seg}} = 0.040 \text{ m}^2$$

Área total ( $A_t$ ):

$$A_t = \frac{A_u}{E} = \frac{0.040}{0.76} = 0.053 \text{ m}^2$$

Número de barras (N):

Si se asume el ancho del canal de rejillas en  $B=40 \text{ cm}=400\text{mm}$ , el número de barras distribuidas en este será:

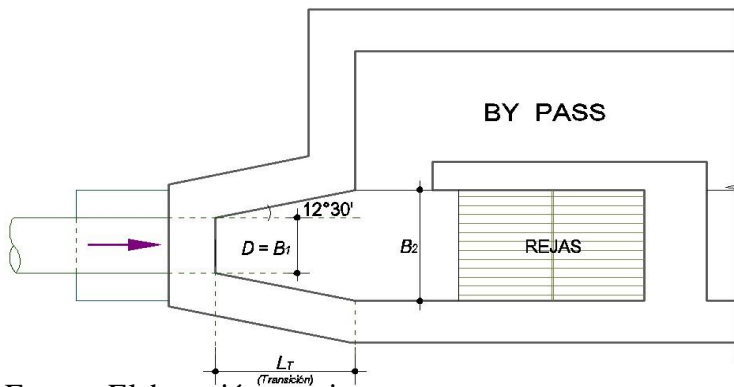
$$N = \frac{B - s}{s + e} = \frac{400 - 20.0}{20.0 + 6.35} = 14.42 \approx 14 \text{ barras}$$

Características del canal de transición:

Es usual que la transición entre la tubería de ingreso (Emisora) y el canal de rejillas sea mayor que el diámetro de la tubería. Este tramo debe igualarse al ancho mismo de las rejillas, para evitar espacios muertos. Para lograrlo se recomienda un ángulo de transición de  $12^\circ 30'$ .

**Figura 25**

*Transición y Anchos en el Canal de Rejas*



Fuente: Elaboración propia

En consecuencia, la longitud de esa transición ( $L$ ) será:

$$L_r = \frac{0.40 - 0.20}{2 \text{tg}(12^\circ 30')} = 0.34 \text{ m}$$

Cálculo de tirante máximo ( $y_{\text{máx}}$ ):

$$y_{\text{máx}} = \frac{A_t}{B} = \frac{0.053}{0.40} = 0.133 \text{ m}$$

Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ ):



$$R_h = \frac{A_t}{B + 2Y_{m\acute{a}x}} = \frac{0.053}{0.40 + 2 \times 0.133} = 0.0800 \text{ m}$$

Pendiente del canal (S):

Para este cálculo, se considera canal de concreto, para lo cual usamos un coeficiente  $n=0.013$ . Luego:

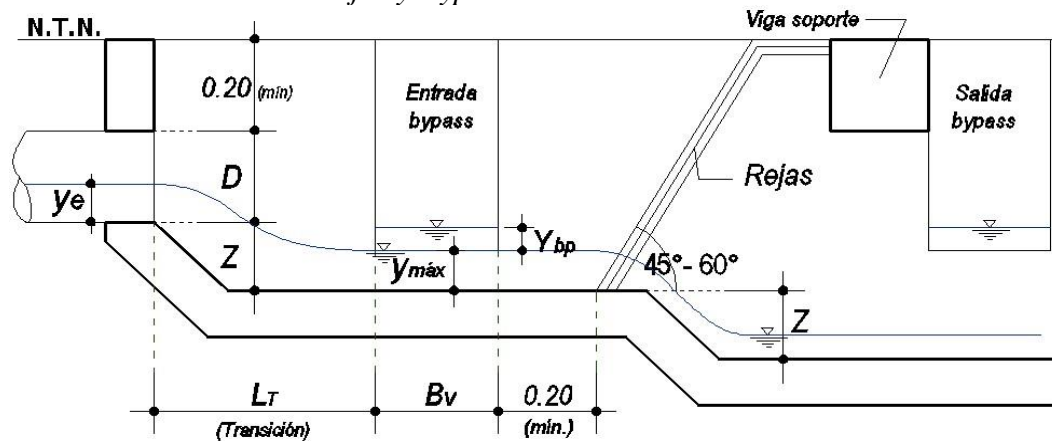
$$S = \left( \frac{Q_{EMISOR} \times n}{A_t \times R_h^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.02429 \times 0.013}{0.053 \times 0.0800^{2/3}} \right)^2 = 0.00102 \text{ m/m}$$

Características del By pass:

Tirante sobre el vertedero del by pass ( $Y_{bp}$ ):

Inicialmente se asume un ancho del vertedero igual a  $B_v = 0.25 \text{ m}$  y el ancho del canal del by pass será igual al ancho del canal de rejillas.

**Figura 26**  
*Tirantes en el Canal de Rejas y Bypass*



Fuente: Elaboración propia

$$Y_{bp} = \left( \frac{Q_{EMISOR}}{1.838 B_v} \right)^{2/3} = \left( \frac{0.02429}{1.838 \times 0.25} \right)^{2/3} = 0.14 \text{ m}$$

Área:  $A = B_v \times Y_{bp} = 0.25 \times 0.14 = 0.035 \text{ m}^2$

Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ ):

$$R_h = \frac{A}{B_v + 2Y_{bp}} = \frac{0.035}{0.25 + 2 \times 0.14} = 0.0662 \text{ m}$$

Pendiente del Bypass (S):

$$S = \left( \frac{Q_{EMISOR} \times n}{A \times R_h^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.02429 \times 0.013}{0.035 \times 0.0662^{2/3}} \right)^2 = 0.00197 \text{ m/m}$$

Datos del emisor:

Diámetro del emisor ( $D_e$ ): Considerando  $D_e = 250 \text{ mm} = 0.25 \text{ m}$

Tirante del emisor ( $y_e$ ):

$$\frac{y_e}{D_r} = 0.90 \rightarrow y_e = 0.90 \times 0.25 = 0.23 \text{ m}$$

Radio hidráulico del emisor ( $R_e$ ):

$$\frac{R_e}{D_r} = 0.298 \rightarrow R_e = 0.298 \times 0.25 = 0.07 \text{ m}$$

Área del emisor ( $A_e$ ):

$$\frac{A_e}{D_r^2} = 0.7445 \rightarrow A_e = 0.7445 \times 0.25^2 = 0.05 \text{ m}^2$$

Pendiente en el emisor ( $S_e$ ):

Para este caso la tubería es PVC, luego  $n=0.01$ :

$$S = \left( \frac{Q_{m\acute{a}x} \times n}{A_r \times R_r^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.02429 \times 0.01}{0.05 \times 0.07^{2/3}} \right)^2 = 0.000635 \text{ m/m}$$

Velocidad en el emisor ( $V_e$ ):

$$V_e = \frac{Q_{EMISOR}}{A_r} = \frac{0.02429}{0.05} = 0.522 \text{ m/seg}$$

Pérdida de carga en la transición ( $H_{ft}$ ):

$$H_{ft} = \frac{[(V_e - V_a)^2 \times 0.1]}{2g} = \frac{[(0.522 - 0.455)^2 \times 0.1]}{2 \times 9.81} = 0.0000 \text{ m}$$

Desnivel entre el fondo de la tubería y el fondo del canal ( $Z$ ):

$$Z = \left( \frac{V_e^2}{2g} + y_e \right) - \left( \frac{V_a^2}{2g} + y_{m\acute{a}x} \right) - H_{ft}$$

$$Z = \left( \frac{0.522^2}{2 \times 9.81} + 0.23 \right) - \left( \frac{0.455^2}{2 \times 9.81} + 0.133 \right) - 0.0000 = 0.10 \text{ m}$$

Pérdida de carga en la reja ( $h_f$ ):

$$h_f = \frac{V^2 - V_a^2}{2g \times 0.7} = \frac{0.60^2 - 0.455^2}{2 \times 9.81 \times 0.7} = 0.01 \text{ m}$$

Pérdida de carga en la reja 50% de ensuciamiento ( $h_{f50\%}$ ):

$$h_{f50\%} = \frac{(2V)^2 - V_a^2}{2g \times 0.7} = \frac{(2 \times 0.60)^2 - 0.455^2}{2 \times 9.81 \times 0.7} = 0.10 \text{ m}$$

Cantidad de material cribado:

De la tabla No.06, para una abertura de 20 mm se obtiene un volumen de material cribado de 0.038 lt/m<sup>3</sup> de agua residual.

Altura total al inicio de la cámara de rejillas:

$$h_1 = D_e + Z + 0.20 = 0.25 + 0.10 + 0.20 = 0.55 \text{ m}$$

La altura total a la salida de la cámara de rejillas será:

$$h_2 = h_1 + Z = 0.55 + 0.10 = 0.65 \text{ m}$$

#### 5.4.2.2. Desarenador

Velocidad horizontal de sedimentación (Vs):

Considerando la viscosidad cinemática de la Tabla 07:

$$V_s = \frac{1}{18} \times 981 \times \left( \frac{2.65 - 1}{0.010105} \right) \times 0.02^2 = 3.56 \text{ cm/seg}$$

Verificación del Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{V_s \times d_c}{\eta} = \frac{3.56 \times 0.02}{0.010105} = 7.05 > 0.5 \text{ (No cumple)}$$

Por lo tanto, hacemos un reajuste utilizando la fig. No.32:

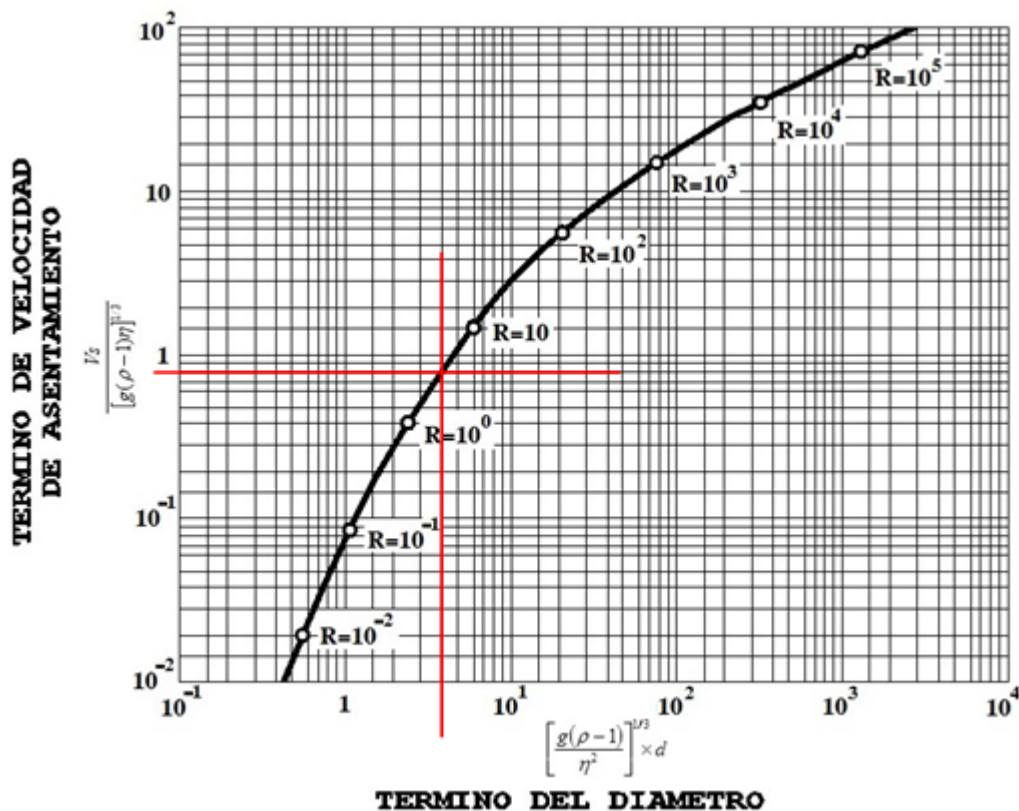
$$\left[ \frac{g(\rho_s - 1)}{\eta^2} \right]^{1/3} \times d = \left[ \frac{981(2.65 - 1)}{(0.010105)^2} \right]^{1/3} \times 0.02 = 5.02$$

Con este dato ingresamos al gráfico y obtenemos el término de velocidad de asentamiento, en régimen de transición:

$$\frac{V_s}{[g(\rho - 1)\eta]^{1/3}} = 0.80$$

**Figura 27**

*Velocidad de Sedimentación en Régimen de Transición*



Fuente: (CEPIS, 1997)

Despejando Vs:

$$V_s = 0.80 \times [g(\rho - 1)\eta]^{1/3}$$

$$V_s = 0.80 \times [981 \times (2.65 - 1) \times 0.010105]^{1/3} = 2.36 \text{ cm/seg}$$

Comprobamos nuevamente si cumple con la condición de Reynolds:

$$R_e = \frac{V_s \times d_c}{\eta} = \frac{2.36 \times 0.02}{0.010105} = 4.67 > 0.5 \text{ (No cumple)}$$

Entonces el flujo se encuentra en régimen de transición y aplicamos la Ley de Allen:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3}g \times \frac{(\rho - 1)}{C_D} \times d_c}$$

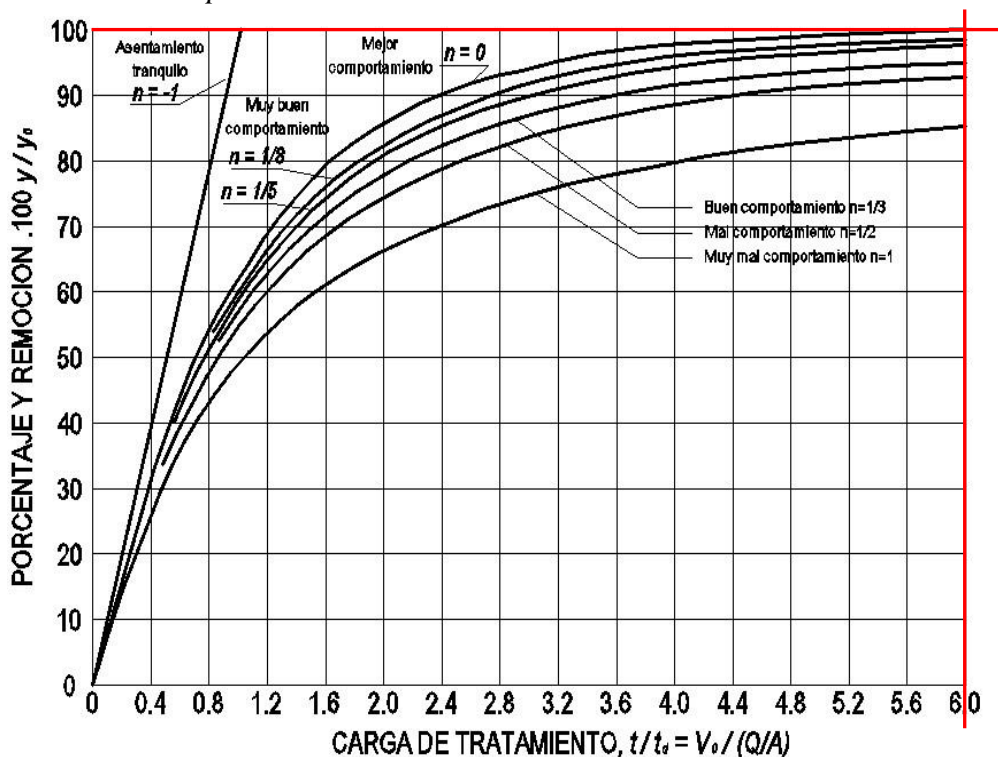
$$C_D = \frac{24}{4.67} + \frac{3}{\sqrt{4.67}} + 0.34 = 7.27$$

Luego la velocidad de sedimentación en régimen de transición será:

$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3}981 \times \frac{(2.65 - 1)}{7.27} \times 0.02} = 2.44 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} = 0.0244 \text{ m/seg}$$

Con la que calculamos el área requerida. Considerando 100% de eficiencia y remoción, del gráfico siguiente obtenemos:

**Figura 28**  
Curvas de Comportamiento



Fuente: (CEPIS, 1997)

$$C_{seg} = 6.0$$

$$V_s' = \frac{Q_{EMISOR} \times C_{seg}}{A_s} = 0.024 \text{ m/seg}$$

Despejando el área superficial:

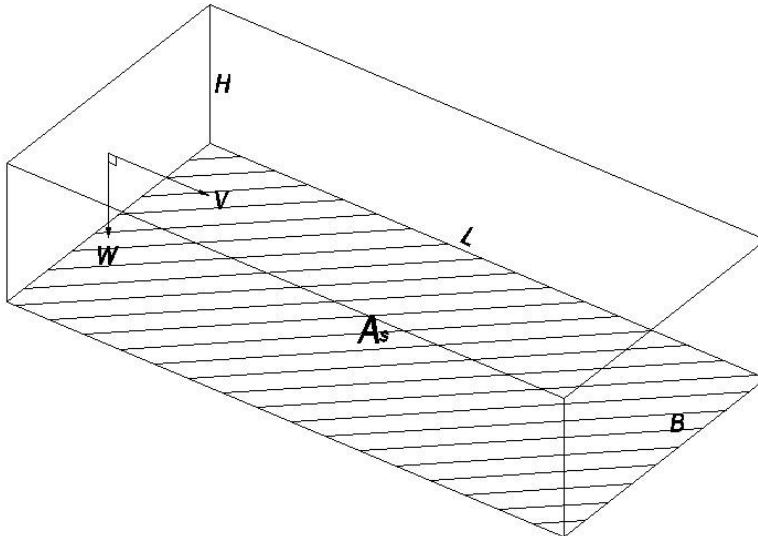
$$A_s = \frac{Q_P \times C_{seg}}{V'_s} = \frac{(0.02219) \times 6.0}{0.024} = 5.55 \text{ m}^2$$

Dimensiones del desarenador:

Mediante la relación:  $A_s = L \times B$

**Figura 29**

*Dimensiones Básicas del Desarenador*



Fuente: Elaboración propia

Se recomienda que el valor de “L” deba estar entre 10H y 20H. Si asumimos para la altura de pantalla H=0.70 m. Luego:

$$L = 10H = 10 \times 0.70 = 7.00 \text{ m}$$

$$L = 20H = 20 \times 0.70 = 14.00 \text{ m}$$

Luego despejamos B:

$$B_{10H} = \frac{A_s}{L} = \frac{5.97}{7.00} = 0.85 \text{ m}$$

$$B_{20H} = \frac{A_s}{L} = \frac{5.97}{14.00} = 0.43 \text{ m}$$

Adoptamos las siguientes dimensiones:

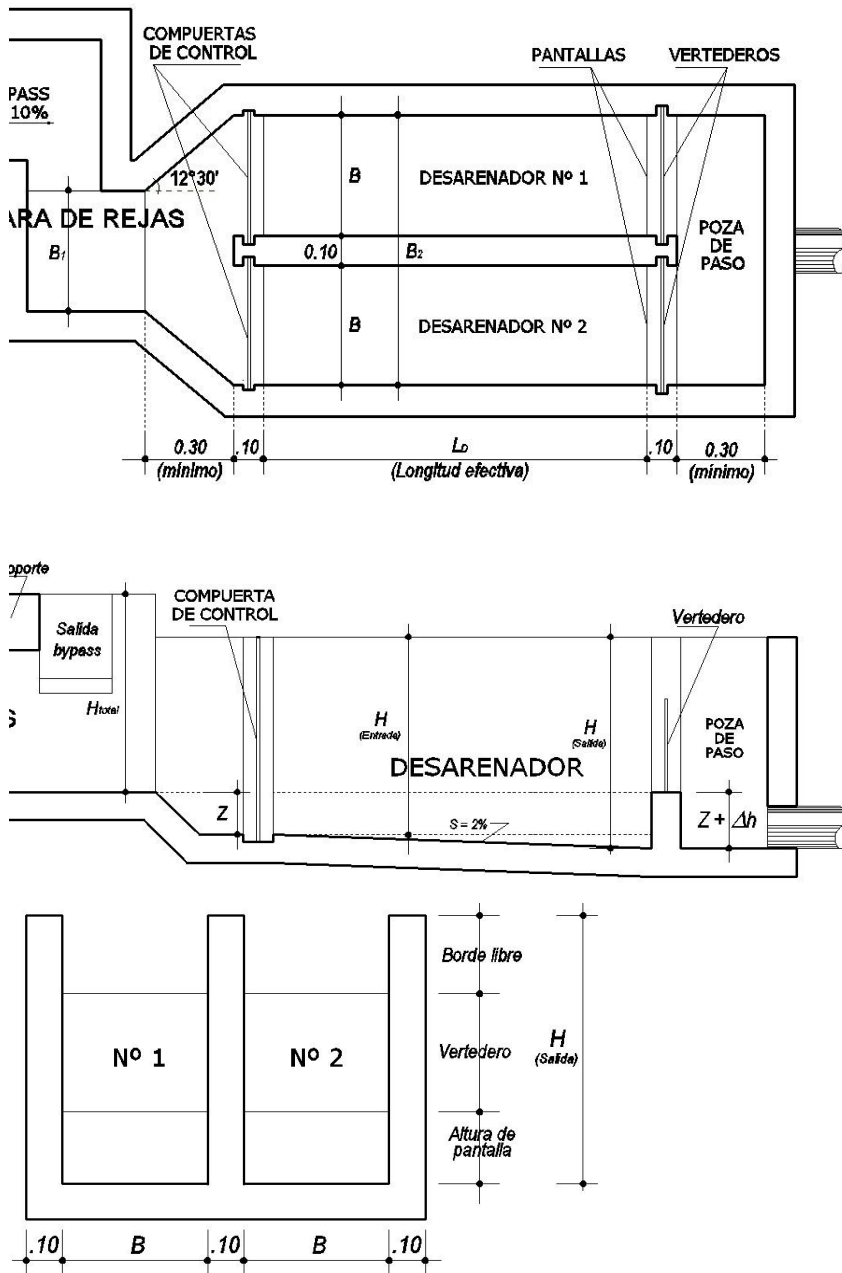
Altura: H = 0.70 m

Ancho: B = 0.90 m

Largo: L = 7.00 m

La norma OS.090 recomienda disponer de 02 canales desarenadores para hacer la limpieza sin obstruir el flujo, por lo que cada desarenador tendrá las mismas dimensiones:

**Figura 30**  
*Disposición final en Planta y Perfil del Desarenador*



Fuente: Elaboración propia

Calculamos la longitud de transición:

Esta se refiere a la distancia entre la cámara de rejillas y el desarenador, considerando una inclinación de  $12^{\circ}30'$ .

$$B_1 = 0.40\text{m (ancho del canal de rejillas asumido)}$$

$$B_2 = 1.90\text{m (ancho de los desarenadores + espesor de muro)}$$

Luego, el valor máximo es:

$$L_T = \frac{B_2 - B_1}{2 \operatorname{tg}(12^\circ 30')} = \frac{1.90 - 0.40}{0.4434} = 3.38 \text{ m}$$

El valor mínimo será 0.30 m cuando no se pueda aplicar geoméricamente este criterio, sin embargo, debe mantenerse la inclinación de  $12^\circ 30'$ .

Velocidad de flujo en el tanque:

Utilizamos la fórmula de Camp. De la Tabla 08 obtenemos el valor de "a". En este caso, para  $d = 0.02 \text{ cm} = 0.2 \text{ mm}$ ,  $a = 44$ , luego:

$$V = a\sqrt{d} = 44\sqrt{0.2} = 19.68 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} = 0.197 \text{ m/s}$$

Este valor es menor que 1m/seg, lo que garantiza baja velocidad para poder separar y remover el material sólido que arrastra el caudal.

Calculo de la velocidad de caída de la partícula:

Los resultados según diversos investigadores son:

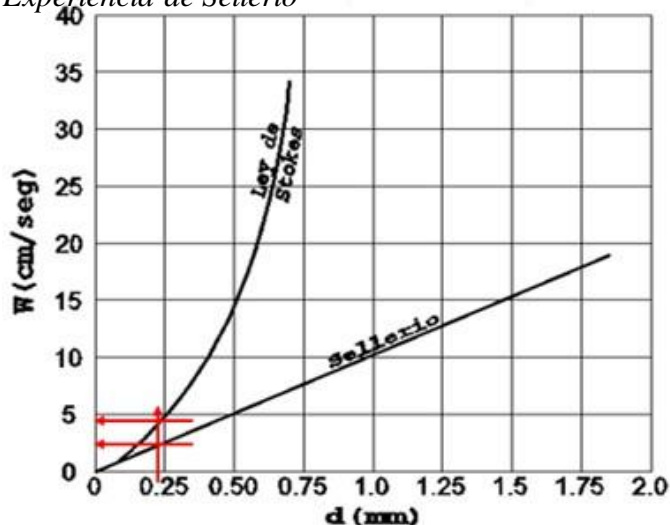
Arkhangelski

$$W = 2.16 \text{ cm/seg} = 0.022 \text{ m/seg}$$

Stokes y Sellerio

Aplicando se obtiene:

*Experiencia de Sellerio*



Según Stokes :  $W = 3.5 \text{ cm/s} = 0.035 \text{ m/seg}$

Según Sellerio:  $W = 2.0 \text{ cm/s} = 0.020 \text{ m/seg}$

Owens

De la Tabla 07 se obtiene:  $K = 6.12$ , para  $d = 0.20 \text{ mm}$  y  $\rho = 2.65$ , luego en la expresión de Owens:

$$W = k \times [d \times (\rho - 1)]^{1/2} = 6.12 \times [0.2 \times (2.67 - 1)]^{0.5} = 0.111 \text{ m/seg}$$

Resumiendo:

W = 0.022 m/seg Arkhangelski

W = 0.035 m/seg Stokes

W = 0.020 m/seg Sellerio

W = 0.111 m/seg Owens

Promediando todos estos valores se obtiene:

$$W_{promedio} = 0.047 \text{ m/seg} = 4.7 \text{ cm/seg}$$

#### Verificación de la longitud del desarenador:

La altura del flujo asumida fue: H = 0.70 m. de donde:

$$Q = (B \times H) \times V \rightarrow B = \frac{Q_{EMISOR}}{H \times V} = \frac{0.002429}{0.70 \times 0.197} = 0.176 \text{ m}$$

Para facilitar el proceso constructivo se asume: B = 0.40 m

Longitud del desarenador:

$$L = \frac{H \times V}{W} = \frac{0.70 \times 0.197}{0.049} = 2.83 \text{ m} \approx 3.00 \text{ m}$$

Tiempo de sedimentación:

$$T = \frac{H}{W} = \frac{0.70}{0.049} = 14.367 \text{ seg}$$

Volumen de agua conducido en el tiempo:

$$V = Q_{EMISOR} \times T = 0.002429 \times 6.157 = 0.349 \text{ m}^3$$

Verificación de la capacidad del tanque:

$$V = B \times H \times L = 0.90 \times 0.70 \times 3.00 = 1.890 \text{ m}^3$$

Se observa que este es mayor que 0.024 m<sup>3</sup>, lo que significa que hay capacidad suficiente.

#### Comparando longitudes:

Asumido inicialmente: L = 7.00 m

Según verificación: L = 3.00 m

Finalmente, por economía utilizamos: L = 3.00 m

#### Altura total a la salida del desarenador:

Para facilitar el lavado en el fondo del desarenador se le dará una pendiente de 2% desde el final de la longitud de transición. Luego, la diferencia de altura entre la entrada y salida del desarenador será:

$$\Delta h = L \times \frac{S}{100} = 3.00 \times \frac{2}{100} = 0.06 \text{ m}$$

Finalmente, la altura total a la salida del desarenador será:

$$H_t = H + \Delta h = 0.70 + 0.06 = 0.76 \text{ m}$$

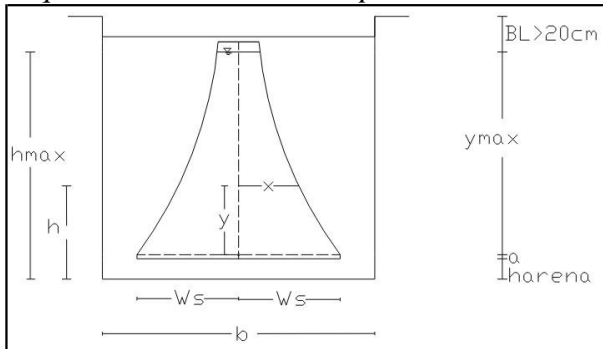


Las dimensiones totales y finales del desarenador se muestran en los planos de los anexos.

### 5.4.2.3. Vertedero Sutro

**Figura 31**

*Esquema del Vertedero Proporcional Sutro*



Fuente: bvsde.ops-OMS.org

De la figura anterior,  $h_{m\acute{a}x}$  es la Altura del canal  $h_{canal} = 0.70$  m asumido para el dise\u00f1o del desarenador, la misma que representa:

$$h_{m\acute{a}x} = h_{canal} = y + a + h_{arena}$$

Del cual despejamos la altura Y:

$$y = h_{canal} - a - h_{arena}$$

Donde “a” es la altura de agua residual que pasa por encima de la cresta del vertedero. Se recomienda valores entre 2.5 cm a 10 cm (0.025m a 0.10m) para l\u00edquidos cloacales.

La altura  $h_{arena}$ , es la altura del sedimento al final del desarenador. Asumiendo:  $a = 0.025$  m y  $h_{arena} = 0.10$  m, entonces:

$$y = 0.70 - 0.025 - 0.10 = 0.58 \text{ m}$$

La ecuaci\u00f3n que rige a este tipo de vertedero es:

$$W_s = \frac{Q_{Vertedero}}{2\sqrt{2ag}\left(y + \frac{2}{3}a\right)}$$

Donde  $Q_{Vertedero}$  es determinado por la siguiente expresi\u00f3n:

$$Q_{Vertedero} = 1.84BH^{2/3} = 1.84 \times 0.90 \times 0.70^{2/3} = 1.306 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El ancho de la abertura en la base del vertedero es  $b=2W_s$ , luego, reemplazando:

$$W_s = \frac{1.306}{2\sqrt{2 \times 0.025 \times 9.81}\left(0.58 + \frac{2}{3} \times 0.025\right)} = 0.49 \text{ m}$$

Por consiguiente:  $b = 2W_s = 2 \times 0.49 = 0.98 \text{ m} = 98.00 \text{ cm}$

Se determina la forma de las paredes del vertedero con:

$$x = b \times \left( 1 - \frac{2}{\pi} \times \arctg \sqrt{\frac{y}{a}} \right)$$

Con lo cual se obtienen las coordenadas para su construcción:

**Tabla 21**

*Coordenadas para la Construcción de la Placa del Vertedero*

<b>X (m)</b>	<b>y (m)</b>
0.98	0
0.462	0.03
0.358	0.06
0.289	0.1
0.242	0.15
0.212	0.2
0.191	0.25
0.175	0.3
0.163	0.35
0.153	0.4
0.144	0.45
0.137	0.5
0.131	0.55
0.126	0.6
0.121	0.65
0.117	0.7
0.113	0.75

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.2.4. Tanque de coagulación, acumulación/homogenización y cisterna.

Para este caso se propone una estructura de concreto armado, con un equipo prefabricado que cumpla con esta función, que permitirá obtener un producto que permita la reutilización de las aguas grises. Se procede a explicar cada parte:

##### Tanque de coagulación

En este tanque se desarrollará el proceso de desestabilización de las partículas coloidales, mediante la aplicación de electrolitos simples, como la sal inorgánica, para aglomerarlas; se añade floculantes para generar un proceso químico y aglomerar las sustancias gelatinosas o coloidales. Esto permiten su decantación y consecutivo filtrado a través de tuberías del propio equipo.

##### Tanque de acumulación/homogenización

Debido a que la cantidad del agua descargada durante el día no es constante, en este tanque luego de haber sido vertido los químicos en el tanque de coagulación, este tanque cumple la función de homogenizar el efluente y para mejorar dicha función se contará con un equipo de aeración, el cual ayudará a la oxigenación del caudal para depurar la carga orgánica, para ocasionar la muerte de las bacterias anaeróbicas.

#### Cisterna

El agua tratada pasa a la cisterna de almacenamiento, donde se almacenará, para luego en última instancia se bombeada y pasar a un tanque elevado de material a elección del proyectista, para luego ser distribuida a las facultades y oficinas de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, sistema de distribución el cual deberá ser propuesto por una nueva investigación.

#### Equipamiento

Los equipos a emplearse son prefabricados, teniendo a un posible proveedor a la empresa AARON Equipment Company. Inc., los cuales están detallados respectivamente en los planos del proyecto, entre los más importantes, las tuberías de entrada, de conexión y de salida, la electrobomba que impulsará el agua tratada de la cisterna hacia el tanque elevado, válvulas, entre otros.

Se propone un equipo Modelo Krofta SPC-10, que utiliza un sistema de clarificador de agua, montados, de acero inoxidable, potencia de 250 GPM, con tubo de aireación, incluye controles y bombas.

#### **Figura 32**

*Equipo de tratamiento de aguas grises instalado Modelo Krofta SPC-10*



Fuente: (AARON Equipment Company. Inc., 2021)

**Figura 33**

*Equipo de tratamiento de aguas grises (en exhibición) Modelo Krofta SPC-10*



Fuente: (AARON Equipment Company. Inc., 2021)

**Figura 34**

*Equipo de bombeo del Modelo Krofta SPC-10*



Fuente: (AARON Equipment Company. Inc., 2021)

Dimensionamiento de la cisterna de almacenamiento

Se procederá a diseñar solo para determinar sus dimensiones, teniendo la estructura como caudal de diseño:

$$Q_{md} = 43.91 \text{ lt/s}$$

Se procede a dimensionar primero la cisterna para obtener la altura de la estructura en general.

### **Cisterna**

$$V = 1,897.34 \text{ m}^3$$

Para determinar las dimensiones, se tomará como referencia una normativa lo más próxima a una cisterna al aire libre, como lo es la norma OS.090 referente a lagunas al aire libre: “Para evitar el crecimiento de plantas acuáticas con raíces en el fondo, la profundidad de las lagunas debe ser mayor a 1.5m”. “Para las lagunas facultativas se recomienda formas alargadas; se sugiere que la relación largo-ancho mínima sea de 2”.

Dividiendo entre una profundidad asumida de 3m, con ello obtenemos el valor de un área respectiva de:

$$A = 632.45 \text{ m}^2$$

Para las medidas en planta se usará la relación  $l/a=2$ , un largo de  $a=18\text{m}$ ,  $L=36\text{m}$ .

Medidas para la cisterna.

$$18.00\text{m} \times 36.00\text{m} = 648\text{m}^2$$

### **Tanque de Coagulación**

Se diseñará mediante la siguiente expresión:

$$V = t_R \cdot Q$$

Siendo:

$t_R$  = tiempo de residencia en el tanque de coagulación (h).

$Q$  = caudal de agua residual a tratar ( $\text{m}^3/\text{h}$ )

Procediendo con los cálculos:

$$\begin{aligned} Q_{md} &= 21.96 \text{ lt/seg} = 79.06 \text{ m}^3/\text{h} \\ V &= (3\text{min}) (1\text{h}/60\text{min}) (79.06\text{m}^3/\text{h}) \\ &= 3.96\text{m}^3 \end{aligned}$$

Para evitar problemas de formación de vórtices en el líquido, se debe considerar que el líquido ocupe un 50% del volumen total, quedando de esta manera con las siguientes dimensiones:

$$V = 7.92\text{m}^3$$

Dividiendo este valor entre la altura nos da un área de:

$$A=7.92\text{m}^3/3\text{m}=2.64\text{m}^2\approx 2.70\text{m}^2$$

Medidas para el tanque de acumulación/homogenización:

$$2.45\text{m} \times 1.10\text{m} = 2.70\text{m}^2$$

### Tanque de acumulación/homogenización

$$V = (10\text{min}) (1\text{h}/60\text{min}) (79.06\text{m}^3/\text{h})$$

$$V = 13.18\text{m}^3$$

Con el mismo criterio debe quedar al 50%, dando así un volumen de 26.36m<sup>3</sup>.

Dividiendo este valor entre la altura nos da un área de:

$$A=26.36\text{m}^3/3\text{m}=8.79\text{m}^2\approx 9\text{m}^2$$

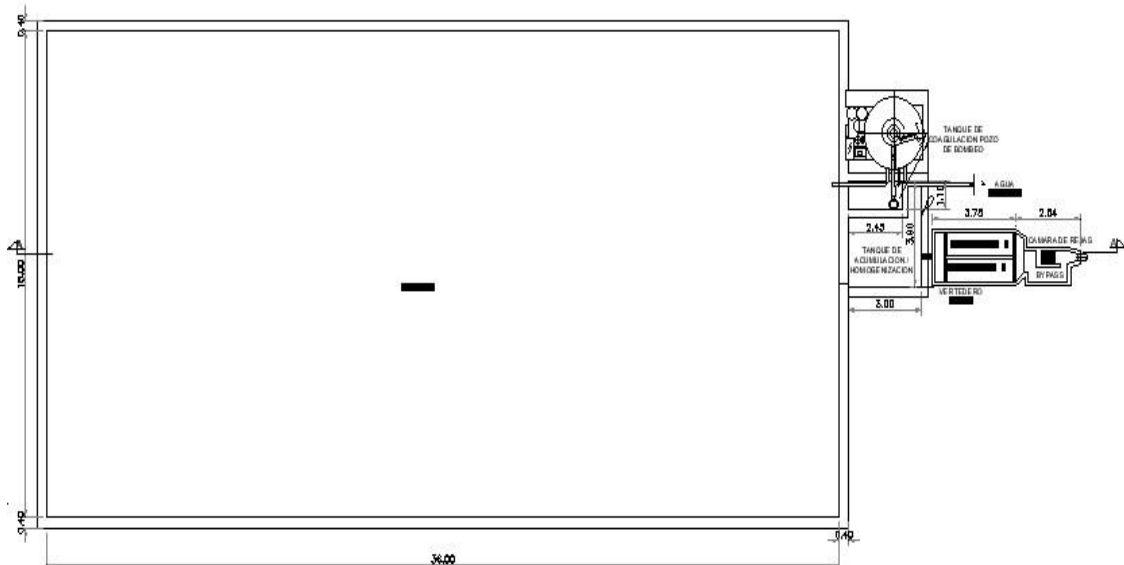
Medidas para el tanque de acumulación/homogenización:

$$3.00\text{m} \times 3.00\text{m} = 9.00\text{m}^2$$

Como el tanque de coagulación estará dentro del tanque de acumulación/homogenización, para las dimensiones en planta habrá que sumarle los 2.70m<sup>2</sup> a los 9.00m<sup>2</sup> para darnos así un área de 11.70m<sup>2</sup>, quedando con un dimensionado de 3.00x3.90m.

### Figura 35

*Esquema de la Planta de Tratamiento de Aguas Grises*



Fuente: Elaboración propia

### 5.5. Discusión de resultados

Los estudios topográficos nos permitieron realizar la configuración de las redes colectoras de aguas grises y de la ubicación de la planta de tratamiento de aguas grises, de esta manera también poder

cumplir con la norma OS.070 de colocar las cámaras de inspección a una distancia máxima de 80 m para tuberías de hasta 200 a 300mm de diámetro.

El valor obtenido del caudal de diseño para red de agua grises nos permitió diseñar la red colectora de aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” mediante el software SewerCad, obteniendo los diámetros de las tuberías que resultaron siendo de 8” y 10” y las velocidades en dichos tramos.

referente al parámetro de velocidad máxima todos los tramos se encuentran por debajo de 5m/s cumpliendo dicha restricción de diseño de velocidad.

Obtuvimos alturas de las cámaras de inspección mayores a 1m siendo estos buzones y teniendo como valor máximo un buzón de 4.59m menor a 5m recomendado por las normas peruanas.

El valor obtenido del caudal emisor nos permitió diseñar la cámara de rejas, desarenador y vertedero Sutro.

El valor obtenido del caudal máximo diario nos permitió diseñar el tanque de coagulación, almacenamiento/homogenización y cisterna de la planta de tratamiento de aguas grises; dando una profundidad de 3m y unas medidas de 3.00mx3.90m que abarca el tanque de coagulación y almacenamiento/homogenización y de 18.00mx36.00m para la cisterna.

## CAPÍTULO VI

### COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 6.1. Contrastación de hipótesis general

La aplicación del modelo hidráulico SewerCad influye en el diseño de la red, y tratamiento de las aguas grises en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

##### Contrastación:

La aplicación del modelo hidráulico SewerCad *influye* en el diseño de la red de aguas grises de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, puesto realiza el diseño hidráulico completo de la red colectora de aguas grises de manera óptima dándonos los resultados para ser verificados por las normas técnicas peruanas y proseguir con el tratamiento de las aguas grises. Y el tratamiento de aguas grises *influye* notablemente en la ciudad universitaria, por el impacto que tendrá en el uso racional y sostenible del agua, en el ahorro económico y la gestión sostenible de la biodiversidad.

#### 6.2. Contrastación de hipótesis específicas

La aplicación del modelo hidráulico SewerCad influye en el diseño de la red colectora de aguas grises de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

##### Contrastación:

La aplicación del modelo hidráulico SewerCad *influye* en el diseño de la red colectora de aguas grises de la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, puesto realiza el diseño hidráulico de manera óptima por ser un software altamente usado actualmente y de vanguardia, dándonos los resultados para ser verificados por las normas técnicas peruanas y proseguir con el tratamiento de las aguas grises.

El diseño de la red colectora aplicando el modelo hidráulico SewerCad y la planta de tratamiento de aguas residuales influye en la gestión sostenible de la biodiversidad en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”.

##### Contrastación:

El diseño de la red colectora aplicando el modelo hidráulico SewerCad y la planta de tratamiento de aguas residuales *influye* en la gestión sostenible de la



biodiversidad en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”, puesto al realizar el diseño de la red colectora aplicado el modelo hidráulico SewerCad obtenemos los mejores resultados posibles, ya que es un software que optimiza los resultados y el proponer conjuntamente dicha planta de tratamiento de aguas residuales influyen sobre la gestión sostenible de la biodiversidad, puesto promueven la reutilización de las aguas residuales, el cuidado del medio ambiente, con mayor disponibilidad para riego y con menos gastos, dando así bases para mejorar la biodiversidad en la ciudad universitaria.

## CONCLUSIONES

- El modelo hidráulico SewerCAD permitió obtener los resultados presentados de la manera más óptima por ser un software de vanguardia actual, los cuales fueron satisfactorios cumpliendo con las restricciones de diseño propuestas por las normas técnicas peruanas, siendo además la aplicación del modelo SewerCAD versátil y de fácil operación
- La presente investigación al ejecutarse en obra logrará un manejo racional y sostenible del agua en la ciudad universitaria.
- La presente investigación al ejecutarse en obra logrará el ahorro económico, debido a que no se entregara las aguas servidas al colector público ya que serán reutilizadas en el riego de áreas verdes contribuyendo a un manejo sostenible y optimizando el agua potable en la ciudad universitaria.
- La presente investigación al ejecutarse en obra desarrolla una gestión sostenible en la ciudad universitaria.
- Realizar capacitaciones a los estudiantes, docentes y personal administrativo para fomentar aún más el uso racional y sostenible del agua en la ciudad universitaria.

## **RECOMENDACIONES**

- Utilizar el modelo hidráulico SewerCAD para proyectos similares.
- Ejecutar el proyecto para lograr las metas establecidas en la investigación necesarias en la ciudad universitaria.
- Realizar capacitaciones a los estudiantes, docentes y personal administrativo.
- Establecer planes de desarrollo actuales que apoyen la gestión sostenible en la ciudad universitaria.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

Soto, W. (2012). Tesis de maestría: “*Sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana*”. Colegio de la Frontera Norte y el CICESE. p. 70-73. Tijuana-México.

Huerta, G., Jiménez, E. & Prado, Z. (2011). Tesis: “*Sistema automático recuperador de agua pluvial y aguas grises*”. Instituto Politécnico Nacional. México.

García, F., & López, H. (2006). Tesis: “*Manejo del agua potable y aguas grises en El Barrio El Rodeo, Managua*”. Universidad Nacional Agraria (UNA). Managua-Nicaragua.

Santa, J. (2019). Tesis de titulación: “*Diseño de un sistema de reutilización de aguas grises y aprovechamiento de aguas pluviales para un proyecto urbanístico de 12 hectáreas ubicado en el distrito de Pimentel – Chiclayo - Lambayeque*”. Universidad Privada San Martín de Porres. p. 88-89. Lima-Perú.

Velázquez, D. (2017). Tesis de titulación: “*Utilización de las aguas grises, en la facultad de Ingeniería Civil, Enfermería, Farmacia y Odontología de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica*”. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. p. 87. Ica-Perú.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). “*Norma OS.100: Consideraciones básicas de diseño de infraestructura sanitaria*”. Lima-Perú: El Peruano, 2006.

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). “*Norma OS.070: Redes de aguas residuales*”. Lima-Perú: El Peruano, 2006.

Bentley (2017). “*SewerCad CONNECT Edition Tecnología de diseño de alcantarillado fácil de usar*”. Obtenido de Bentley:

<https://bit.ly/2Zdecez>

MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO (2006). “*Norma OS.090: Plantas de tratamiento de aguas residuales*”. Lima-Perú: El Peruano, 2006.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). CEPIS (2005). *“Guía para diseño de Desarenadores y Sedimentadores”*. p. 72.

Rivas, G. *“Tratamiento de aguas residuales”*. 2º Edición. Ediciones Vega. Caracas-Venezuela, (1978).

AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (ANA 2010). DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRÁULICOS MULTISECTORIALES. *“Manual: Criterios de diseños de obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de afianzamiento Hídrico”*. p. 356. Lima-Perú.

Jemma5 (2009). *“Ubicación-Ica”*. Obtenido de [jemma5.wordpress.com](https://jemma5.wordpress.com):  
<https://jemma5.wordpress.com/ubicacion-ica/>

MEF (2009). *“Mapa de Indicadores de Ica”*. Obtenido de [mef.gob.pe](https://www.mef.gob.pe):  
[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/webs\\_dgpi/map\\_per/ica.html](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/webs_dgpi/map_per/ica.html)

Perutoptours (2005). *“Mapa de la provincia de Ica”*. Obtenido de [perutoptours.com](http://www.perutoptours.com):  
<http://www.perutoptours.com/index10icicamap.html>

Google Earth Pro (2020). *“Ciudad Universitaria-Universidad Nacional San Luis Gonzaga”*.

OFICINA GENERAL DE MATRÍCULA, REGISTRO Y ESTADÍSTICAS-UNSLG (2019). *“Estadísticas de alumnos matriculados año académico 2019 1er. Semestre”*. Ica-Perú.

AARON Equipment Company. Inc. (2021). Used- Krofta DAF Water Clarifier System, Model SPC-10, Used- Krofta Supracell Dissolved Air Flotation Clarifier. Obtenido de [aaronequipment.com](https://www.aaronequipment.com):  
<https://www.aaronequipment.com/es/equipo-utilizado/equipos-de-tratamiento-de-agua/equipos-de-tratamiento-de-agua/krofta-spc-10-41834002>  
<https://www.aaronequipment.com/es/equipo-utilizado/equipos-de-tratamiento-de-agua/equipos-de-tratamiento-de-agua/krofta-spc-10-srj-50161001>

## ANEXOS

**Figura 36**  
*Área de multifacultades*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 37**  
*Parte central de la universidad Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Electrónica.*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 38**  
*Facultad de Farmacia y Bioquímica.*



Fuente: Elaboración Propia

**Figura 39**  
*Estadística de alumnos matriculados 2019 – 1er Sem.*

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 OFICINA GENERAL DE MATRICULA, REGISTRO Y ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA DE ALUMNOS MATRICULADOS  
 AÑO ACADÉMICO 2019 - 1ER. SEM.

18/06/2019  
 Página 1

Facultad	Total
1 OBSTETRICIA	331
2 INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA	737
3 CIENCIAS BIOLÓGICAS	658
A ADMINISTRACIÓN	1122
B AGRONOMIA	766
C CIENCIAS	481
D EDUCACIÓN	2014
E DERECHO Y CIENCIAS POLÍTICAS	1109
F CONTABILIDAD	1151
G ENFERMERÍA	523
H FARMACIA Y BIOQUÍMICA	894
I INGENIERÍA CIVIL	866
J INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA	1223
K INGENIERÍA DE MINAS Y METALURGIA	881
L INGENIERÍA QUÍMICA Y PETROQUÍMICA	722
M MEDICINA HUMANA	937
N MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA	405
O ODONTOLOGÍA	425
P INGENIERÍA PESQUERA Y DE ALIMENTOS	480
Q POST - GRADO	0
R DOCTORADO	0
S EDUCACIÓN E. P. D.	0
T CIENC. DE LA COMUNIC. TURIS. Y ARQUEOLOGÍA	825
U DIPLOMADO	0
V INGENIERÍA DE SISTEMAS	551
W ARQUITECTURA	338
X PSICOLOGÍA	361
Y EDUCACIÓN	0
Z CIENCIAS ECONÓMICAS	1708
<b>Total</b>	<b>19410</b>

Fuente: (OGMRE-UNICA, 2019)

## PLANOS

### **Relación de planos:**

Ubicación-Zonificación (UZ-01)

Plano Topográfico (T-01)

Red de aguas grises (RAG-01)

Planta de tratamiento de aguas grises (PT-01)

Perfiles Longitudinales (PL-01)

Plano de Flujo Hidráulico (PF-01)

Detalle de la planta de tratamiento (DPT-01)

Desarenador y Estructuras (DE-01)

Detalles de Buzones (DBZ-01)