



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



## **Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional**

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>



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

## EVALUACION DE ORIGINALIDAD

N° 065 – 80544101

# 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:

**ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SANEAMIENTO BÁSICO  
PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO,  
DISTRITO DE CABANA PROVINCIA DE LUCANAS-  
AYACUCHO, APLICANDO EL MODELO NUMÉRICO  
SEWERCAD V8i**

presentado por:

**SOLIER ATIQUIPA, ELIO ELOY**

Bachiller del nivel de **PREGRADO** de la Facultad de Ingeniería Civil. El resultado obtenido es **11% 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, 21 diciembre de 2021

DAVID MOTTA HUAYANCA  
Técnico Operador Tecnológico:

Universidad Nacional "San Luis Gonzaga" Ica  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL  
UNICA

DR. ING. MARTÍN HAMILTON WILSON HUAMANCHUMO  
Director de la Unidad de Investigación de la FIC



**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SANEAMIENTO BÁSICO PARA LA  
CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA  
PROVINCIA DE LUCANAS-AYACUCHO, APLICANDO EL MODELO  
NUMÉRICO SEWERCAD V8i.”**

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

**AUTOR:  
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA**

**ICA – PERÚ  
2019**

## **DEDICATORIA:**

*A mis padres y hermanos, mi familia que son ejemplos y guías en este éxito que significa el poder culminar una gran carrera.*

*A mi Alma Mater, donde aprendí y me forjé como profesional en la carrera de Ingeniería Civil.*

## **AGRADECIMIENTO:**

*Un cordial agradecimiento a la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” de Ica y en especial a los Docentes de la Facultad de Ingeniería Civil por enseñarnos el camino a seguir y métodos explicados para la formación del buen ingeniero Civil.*

*También agradecemos a los pobladores y autoridades del C.P. de Sondondo, por el apoyo y facilidades brindadas para poder culminar el proyecto de Tesis.*

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	2
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	3
<b>RESUMEN EN ESPAÑOL</b> .....	6
<b>RESUMEN EN INGLES</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....	10
1.1. Antecedentes del problema de investigación .....	10
1.1.1. Antecedentes a nivel internacional .....	10
1.1.2. Antecedentes a nivel nacional.....	10
1.1.3. Antecedentes a nivel local .....	10
1.2. Bases teóricas de la investigación.....	11
1.2.1. Periodo de diseño .....	11
1.2.2. Estudios de campo.....	11
1.2.3. Población de diseño.....	12
1.2.4. Consumo.....	13
1.2.5. Caudales de diseño .....	14
1.2.6. Conexiones domiciliarias .....	15
1.2.7. Redes Colectoras .....	16
1.2.8. Modelo Numérico SEWERGEMS V8i.....	21
1.2.9. Tratamiento de aguas residuales.....	21
1.3. Marco legal .....	41
1.4. Marco conceptual.....	42
<b>CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> 44	
2.1. Situación problemática .....	44
2.2. Formulación de problemas.....	45
2.2.1. Problema general .....	45
2.2.2. Problemas específicos.....	45
2.3. Delimitación del problema.....	45
2.3.1. Delimitación espacial o geográfica .....	45
2.3.2. Delimitación temporal.....	45
2.3.3. Delimitación social.....	45
2.3.4. Delimitación conceptual.....	46

2.4.	Justificación e importancia de la investigación .....	46
2.4.1.	Justificación.....	46
2.4.2.	Importancia.....	46
2.5.	Objetivos de investigación.....	46
2.5.1.	Objetivo general .....	46
2.5.2.	Objetivos específicos.....	46
2.6.	Hipótesis de investigación .....	47
2.6.1.	Hipótesis general o principal.....	47
2.6.2.	Hipótesis específicas .....	47
2.7.	Variables de investigación .....	47
2.7.1.	Identificación de variables.....	47
2.7.2.	Operacionalización de variables.....	47
<b>CAPÍTULO III: ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>		<b>48</b>
3.1.	Tipo, nivel y diseño de investigación .....	48
3.1.1.	Tipo de investigación.....	48
3.1.2.	Nivel de investigación .....	48
3.1.3.	Diseño de investigación.....	48
3.2.	Población y muestra materia de investigación.....	48
3.2.1.	Población de estudio.....	48
3.2.2.	Tamaño de la muestra.....	48
<b>CAPÍTULO IV: TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....</b>		<b>49</b>
4.1.	Técnicas de recolección de datos .....	49
4.2.	Instrumentos de recolección de datos .....	49
4.3.	Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos .....	49
<b>CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>		<b>51</b>
5.1.	Descripción de la zona el proyecto .....	51
5.1.1.	Ubicación .....	51
5.1.2.	Accesibilidad.....	52
5.1.3.	Clima.....	54
5.1.4.	Topografía y tipo de suelos.....	54
5.1.5.	Características urbanas y vivienda.....	54
5.1.6.	Análisis servicios públicos existentes .....	57

5.2.	Consideraciones para el diseño del proyecto .....	58
5.2.1.	Periodo de diseño .....	58
5.2.2.	Estudios topográficos .....	59
5.2.3.	Población de diseño .....	59
5.2.3.1.	Datos censales .....	59
5.2.3.2.	Cálculo de la población de diseño.....	61
5.2.4.	Consumo.....	62
5.2.4.1.	Dotación .....	62
5.2.5.	Caudales de diseño .....	62
5.2.5.1.	Caudal máximo diario .....	62
5.2.5.2.	Caudal máximo horario .....	63
5.2.5.3.	Gastos considerados en el diseño de alcantarillado.....	63
5.3.	Consideraciones para el diseño del proyecto .....	64
5.3.1.	Conexiones domiciliarias .....	64
5.3.2.	Redes Colectoras .....	64
5.3.2.1.	Diseño de la red .....	65
5.3.3.	Modelo Numérico SEWERGEMS V8i.....	70
5.3.4.	Tratamiento de aguas residuales.....	82
5.3.4.1.	Justificación del sistema de tratamiento elegido .....	82
5.3.4.2.	Dimensionamiento y diseño de la infraestructura .....	83
5.4.	Discusión de resultados .....	103
	<b>CAPÍTULO VI: COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS .....</b>	<b>107</b>
6.1.	Contrastación de hipótesis específicas.....	107
6.2.	Contrastación de hipótesis general .....	108
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>109</b>
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>110</b>
	<b>FUENTES DE INFORMACIÓN .....</b>	<b>111</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>113</b>

## RESUMEN

Frente a la problemática que aqueja al centro poblado Sondondo del distrito de Cabana, en la provincia de Lucanas, Ayacucho, esta investigación aporta a la solución, que contribuye a la calidad de vida de sus habitantes. Esta se propone frente a la falta de un sistema de alcantarillado como factor principal de la incidencia de enfermedades relacionadas con esta carencia.

Como objetivo primario se ha analizado toda la información necesaria que ha conllevado a determinar que la solución más viable es un servicio que conste de una red colectora de desagües y una planta de tratamiento y en consecuencia se desarrolla el diseño de un sistema de alcantarillado, en los cuales ha influido el tamaño de la población. Con lo cual se planteó la hipótesis de que el cumplimiento de este objetivo influye sobre la calidad de vida del centro poblado de Sondondo.

En consecuencia, se planteó una investigación cuantitativa, del tipo aplicada, utilizando la modelación numérica con SewerCad V8i. El nivel de la investigación es descriptivo y correlacional, con un diseño no experimental-transversal.

La población actual es de 683 habitantes, con una tasa de crecimiento de negativa distrital y provincial se optó por una tasa de crecimiento  $r=4.5293\%$ . El caudal de contribución a la red de desagüe es 2.04 lt/seg y para el diseño de la planta de tratamiento el caudal es 6.75 lt/seg. Para implementar la red de alcantarillado y emisor se requiere 5,004.35m de tuberías PVC de 160 mm; 107 cámaras de inspección, 486 conexiones domiciliarias.

Por último, se verificó que la variable independiente de la hipótesis principal, si influye sobre la calidad de vida de los pobladores del C.P. Sondondo al demostrarse que al implementarse el sistema integral de saneamiento básico hay tendencia a mejorar la calidad de vida según datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Palabras Clave: Agua residual, tratamiento, calidad de vida.

## ABSTRACT

Faced with the problem that afflicts the Sondondo town center of the Cabana district, in the province of Lucanas, Ayacucho, this research contributes to the solution, which contributes to the quality of life of its inhabitants. This is proposed in view of the lack of a sewerage system as the main factor in the incidence of diseases related to this lack. As a primary objective, all the necessary information has been analyzed that has led to determining that the most viable solution is a service that consists of a sewage collection network and a treatment plant and consequently the design of a sewage system is developed, in which has influenced the size of the population. With which the hypothesis was raised that the fulfillment of this objective influences the quality of life of the town of Sondondo.

Consequently, a quantitative investigation, of the applied type, was proposed using numerical modeling with SewerCad V8i. The research level is descriptive and correlational, with a non-experimental-cross-sectional design.

The current population is 683 inhabitants, with a negative district and provincial growth rate, a growth rate  $r = 4.5293\%$  was chosen. The contribution flow to the drainage network is 2.04 lt / sec and for the design of the treatment plant the flow is 6.75 lt / sec. To implement the sewer and emitter network, 5,004.35m of 160 mm PVC pipes are required; 107 inspection chambers, 486 home connections.

Finally, it was verified that the independent variable of the main hypothesis, if it influences the quality of life of the inhabitants of the C.P. Sondondo demonstrating that by implementing the comprehensive basic sanitation system there is a tendency to improve the quality of life according to data from the World Health Organization(WHO).

Key Words: Waste water, treatment, quality of life.

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SANEAMIENTO BÁSICO PARA LA  
CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA  
PROVINCIA DE LUCANAS-AYACUCHO, APLICANDO EL MODELO  
NUMÉRICO SEWERCAD V8i.”**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:  
INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:  
MANEJO INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS**

**AUTOR:  
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATQUIPA**

**ASESOR:  
MAG. MÁXIMO ALEJANDRO CRISPÍN GOMEZ**

## INTRODUCCIÓN

En la presente investigación se analiza el estado actual de la situación problemática del C.P. Sondondo para proponer una alternativa de solución que garantice la mejora de las condiciones de salubridad que tienen relación directa con la calidad de vida de sus pobladores. Esta solución pasa por establecer un sistema de recolección de aguas residuales y para tal fin se desarrolla el análisis hidráulico que permita establecer los parámetros necesarios para el diseño de los elementos del sistema integral de saneamiento básico, aplicando la modelación hidráulica mediante el uso del programa SewerCad V8i.

Por lo tanto, para el desarrollo de esta investigación se proponen los siguientes capítulos:

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

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

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

Capítulo IV: se describen las técnicas e instrumentos de investigación.

Capítulo V: se muestran los aspectos generales de la zona del proyecto, ubicación, accesos, clima, topografía, características urbanas y servicios públicos existentes, etc. y también los criterios para el diseño hidráulico, discutiendo los resultados obtenidos y proponiendo las estructuras hidráulicas necesarias.

Capítulo VI: se expone la comprobación de las Hipótesis de la investigación, producto del diseño del sistema integral de alcantarillado.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO TEÓRICO**

### **1.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONAL**

CHOEZ, H. y ZAMBRANO, L. (2017). Investigación realizada en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (Ecuador) titulada: “ESTUDIO Y DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO SANITARIO DE LA LOTIZACION 19 DE DICIEMBRE, DEL CANTON JIPIJAPA”, en las conclusiones se resalta: “El diseño del sistema de agua potable, se realizó mediante el software WATER-CAD en el cual se determinó las diferentes presiones que va a tener cada tramo del sistema por lo cual nos garantiza un diseño óptimo”. “La ejecución de este proyecto no generara un impacto ambiental negativo, de acuerdo a los resultados obtenidos en el análisis respectivo”.

#### **1.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONAL**

AYVAR, V. (2018). Universidad César Vallejo. Tesis: “DISEÑO DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO PARA MEJORAR LA CALIDAD DE VIDA DE CUATRO COMUNIDADES DE KIMBIRI- CUSCO-2018”, en su resumen indica: “En la actualidad, se debe considerar el desarrollo sostenible del país en todas las áreas, por lo que los factores sociales que mejoran la calidad de vida en todas las áreas del país son de suma importancia. El trabajo actual incluye el diseño e implementación de los servicios de agua potable y tratamiento de aguas residuales en Kimbiri Cusco para buscar el bienestar de las personas que no pueden atender a esta población por problemas sociales y económicos”.

#### **1.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL LOCAL**

MANCILLA, J. (2018). Investigación realizada en la Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” (Ica) titulada: “APLICACIÓN DEL MODELO NUMÉRICO SEWERGEMS PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA INTEGRAL DE DESAGÜE EN BENEFICIO DEL CENTRO POBLADO MIRMACA, DISTRITO DE PAUSA, PAUCAR DEL SARA SARA, AYACUCHO”, resalta: “El problema principal de la población de Mirmaca es que no cuenta con un Sistema de Alcantarillado, los

problemas se concentran fundamentalmente en la no existencia del sistema para la recolección y tratamiento de las aguas servidas. Esta situación exige la construcción de redes de alcantarillado para brindar cobertura al nivel más alto posible”.

## **1.2. BASES TEÓRICAS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.2.1. PERIODO DE DISEÑO**

Es el periodo del proyecto para el cual se diseñan los componentes del sistema de agua potable o alcantarillado, en las que se incluyen la infraestructura para tratar aguas residuales. Para su determinación se tiene en cuenta la vida útil de los equipos y estructuras; la vulnerabilidad de la infraestructura sanitaria; el crecimiento poblacional y la economía de escala.

#### **Normas para la determinación del período de diseño**

Para centros poblados en zona rural, con población menor a 2000 habitantes, se recomienda usar la “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”, del Ministerio de Vivienda, construcción y Saneamiento (MVCS), en la cual se especifica que (RM-192-2018-Vivienda, p.30)

#### **Determinación del período de diseño**

Considerando lo expresado en el ítem anterior, se opta por un período de 22 que comprende el período de vida útil de 20 años, más 02 años de aprobación de la inversión pública y la ejecución de obra.

**Tabla 1**

*Períodos de diseño para estructuras hidráulicas de alcantarillado*

Estructuras	Período de diseño
Red de desagüe	20 años
Emisor	20 años
Caseta de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	5 a 10 años
Plantas de tratamiento	20 a 30 años

Fuente: MVCS – Elaboración propia

### **1.2.2. ESTUDIOS DE CAMPO**

#### **Estudio topográfico**

La topografía del terreno es información primordial para determinar con precisión las magnitudes de los componentes del sistema a proyectar. Mediante el estudio topográfico se obtienen planos de las áreas donde se emplazarán la red de

desagüe y la planta de tratamiento de aguas residuales. Su precisión es importante para determinar las dimensiones de las estructuras y redes. La información consignada en los planos topográficos debe mostrar características de la superficie terrestre, como pendientes, accidentes geográficos, cursos de agua, construcciones existentes, etc.

### **Elementos Básicos**

#### - Planos

Son los planos resultantes del levantamiento topográfico sobre el cual se proyectan las diversas obras. Las escalas mayormente utilizadas son:

- Plano de Ubicación: 1/10,000; 1/15,000; 1/5,000
- Localización: 1/50,000
- Plano topográfico general: 1/2,000
- Plano de lotización: 1/2,000 o 1/2,500
- Plano de flujos y red de alcantarillado: 1/2,000 o 1/2,500
- Plano de zonas de secciones transversales de calles  $H=V=1/200$
- Plano de plantas de tratamiento: 1/100
- Plano de detalles de estructuras y otros: 1/25

#### - Tipos de Levantamiento

En este caso, se deben realizar:

- Levantamiento taquimétrico, para obtener planos de planta con curvas de nivel.
- Levantamiento altimétrico, para obtener planos de perfiles longitudinales y secciones transversales de las calles y red de alcantarillado.

### 1.2.3. POBLACIÓN DE DISEÑO

La "Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural" del MVCS recomienda usar el **Método de Crecimiento Aritmético** que mejor se ajusta al crecimiento de poblaciones menores a 2,000 habitantes, aplicando la siguiente expresión:

$$P_f = P_o \left( 1 + \frac{r \times t}{100} \right)$$

Dónde:

$P_f$	= población futura
$t$	= periodo de diseño en años
$P_o$	= población actual
$r$	= tasa de crecimiento poblacional en %

#### 1.2.4. CONSUMO

Es la cantidad de agua que se asigna según las normas, para cualquier uso, en un tiempo determinado que generalmente es un día.

##### **Dotación**

Es la cantidad de agua que se asigna para un determinado uso y se expresa por persona y por día. Para la determinación de la dotación en una zona rural se tienen que tomar en cuenta una serie de factores tales como:

- Costumbres y Nivel de vida de la población
- Clima de la localidad
- Disponibilidad de fuentes, calidad del agua suministrada y costo del agua
- La presión de la red de distribución
- El consumo comercial, industrial, público y por desperdicio en el sistema
- Consumo de agua por ganado u otro animal doméstico
- Riego de jardines y dotación contra incendios

Para poblados rurales menores a 2000 habitantes, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) recomienda usar “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural”, aprobada mediante RM-192-2018-Vivienda. En esta norma, la dotación de agua según la opción de saneamiento se adopta del siguiente cuadro.

**Tabla 2**

*Dotación de agua según opción de saneamiento*

Región	Sin arrastre hidráulico	Con arrastre hidráulico
Costa	60 lt/h/día	90 lt/h/día
Sierra	50 lt/h/día	80 lt/h/día
Selva	70 lt/h/día	100 lt/h/día

Fuente: MVCS – PNSR (2018)

**Tabla 3**

*Dotación para servicios diversos*

Tipo de servicio	Dotación
Escuela Primaria	20lt/alumno/día
Escuela Secundaria	25lt/alumno/día
Consultorios Médicos	500lt/día
Riego de Áreas Verdes	2lt/m <sup>2</sup> /día

Fuente: RNE IS.010

**Tabla 4**  
*Dotación para locales de salud*

Locales de Salud	Dotación
Hospitales y clínicas de hospitalización	600 L/d por cama
Consultorios médicos	500 L/d por consultorio
Clínicas dentales	1000 L/d por unidad dental

Fuente: RNE IS.010

#### 1.2.5. CAUDALES DE DISEÑO

**Consumo máximo diario ( $Q_{md}$ ):**

$$Q_{md} (l/s) = 1.3 \times Q_p (l/s)$$

**Consumo máximo horario ( $Q_{mh}$ ):**

$$Q_{mh} (l/s) = 2.0 \times Q_p (l/s)$$

**Gastos considerados en el diseño de alcantarillado**

El caudal que contribuye al diseño del alcantarillado, especialmente para la tubería emisora, consta de los siguientes caudales:

- Caudal de contribución de alcantarillado
- Caudal de contribución de excretas
- Caudal de infiltración por escorrentía de lluvia a los buzones

**Caudal de contribución de alcantarillado:**

El caudal de contribución que ingresa al alcantarillado, según la norma OS.070 del RNE, es el 80% del caudal de agua potable consumido, luego:

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

**Caudal de contribución de Excretas:**

Según la Norma OS.100 del RNE, se considera que la contribución de excretas es 0.20 kg/hab/día. Considerando un peso específico de la excreta  $\gamma_E=1,400$  kg/m<sup>3</sup>, el volumen de contribución de excretas, expresado en lt/hab/día se determina por:

$$Q_E = \frac{1lt \times 0.20kg / hab/ día}{\gamma_E (kg / m^3)}$$

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

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

$$Q_{CE} = \frac{Q_E \times P_{equivalente}}{86,400} (lt / seg)$$

### Caudal de Infiltración en buzones por escorrentía de lluvias:

Para el caudal de contribución por infiltración de escorrentía de lluvias a los buzones, se recomienda:

$$Q_{CI} = 0.044 \frac{lt}{seg} /buzon$$

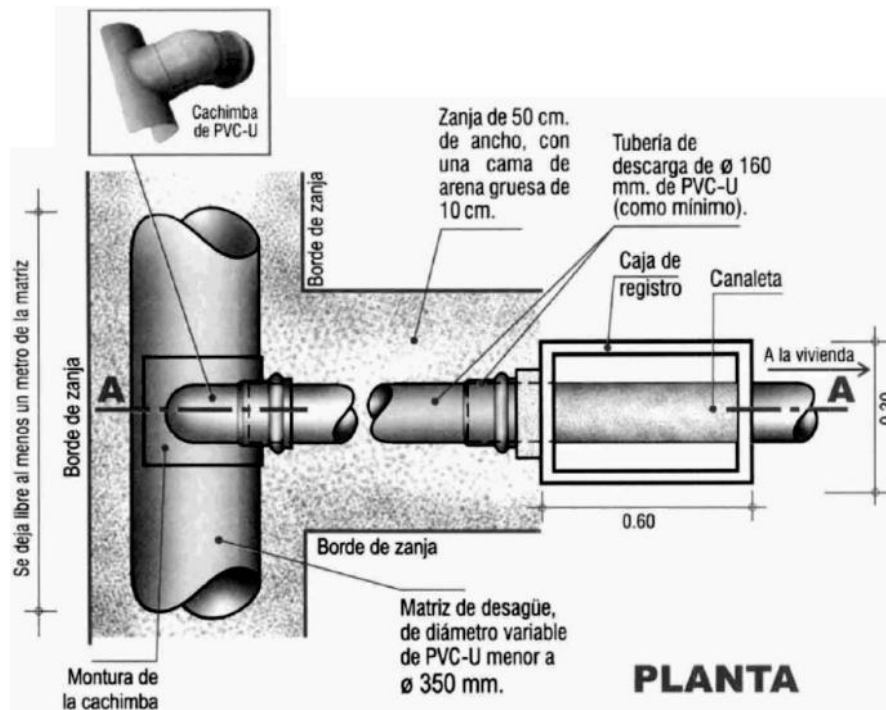
### Caudal de diseño para la tubería emisora y PTAR:

Luego, el caudal para el diseño de la tubería emisora será:

$$Q_E = Q_D + Q_{CE} + Q_{CI}$$

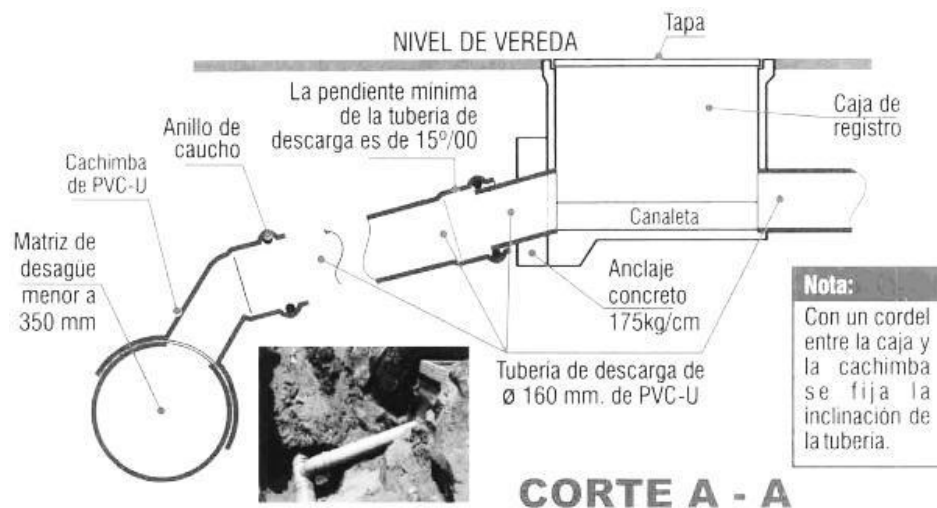
#### 1.2.6. CONEXIONES DOMICILIARIAS

Están constituidas por una caja de concreto simple, rectangular de 0.30 x 0.60 m de área por 0.50 m de profundidad, la cual se coloca en la vereda. Esta recibe los desagües de la vivienda y los deriva a la línea de servicio local o colector público.



**Fig. 1:** Esquema de planta de una conexión domiciliar

Fuente: Manual de Instalación: Las Redes de Agua Potable y Desagüe – MVCS/ASPEM 2007 Manual de Instalación: Las Redes de Agua Potable y Desagüe – MVCS/ASPEM 2007



**Fig. 2:** Esquema de corte de una conexión domiciliar

Fuente: Manual de Instalación: Las Redes de Agua Potable y Desagüe – MVCS/ASPEM 2007 Manual de Instalación: Las Redes de Agua Potable y Desagüe – MVCS/ASPEM 2007

### 1.2.7. REDES COLECTORAS

#### Criterios generales de diseño

#### A) Redes de alcantarillado

**a.1) Alcantarillado Local:** Es el que está constituido por las tuberías que reciben conexiones prediales. Se admitirán conexiones prediales únicamente hasta con tuberías de 160mm. (6") de diámetro.

**a.2) Colectores:** Son los constituidos por tuberías que reciben las descargas de aguas servidas por el alcantarillado de servicio local. En los colectores no se podrá realizar conexiones prediales.

**a.3) Emisores:** Serán los constituidos por las líneas conductoras de las aguas servidas, hasta la disposición final o hasta la instalación de tratamiento. Los colectores son las tuberías que reciben las aguas negras de las conexiones domiciliarias y pueden terminar en un interceptor, en un emisor o en la planta de tratamiento.

#### B) Consideraciones para el trazado de tuberías

Se tomará en cuenta lo siguiente, para el trazo de la red en el plano:

- La línea de alcantarillado se proyectará en el eje de las calles.
- La red se ubicará a una profundidad tal que asegure satisfacer la más desfavorable de las siguientes condiciones:

- La profundidad necesaria para no interferir con otros servicios públicos existentes (agua potable).
- Un recubrimiento mínimo de 1 m sobre la clave del tubo, para vías vehiculares.
- Para vías peatonales donde no hay circulación de vehículos, el recubrimiento será menor.
- La conexión domiciliaria debe partir con 0.30 m por debajo del nivel del terreno y una pendiente mínima de 15 m por mil.
- Los colectores de desagüe se deben ubicar a 2 m como mínimo.
- El trazo de los colectores se hace en el eje central de las calles.
- Las tuberías de desagüe no se podrán colocar a menos de 2.00 m. de distancia de las tuberías de agua.

### C) Cámaras de inspección

Se instalan en los encuentros de tuberías, en los cambios de dirección, cambios de diámetro y pendientes.

C.1) La profundidad mínima será de 1.20mts.

C.2) Diámetro interior:

- 1.20 m., para tuberías hasta de 800 mm., de diámetro.
- 1.80 m., para tuberías hasta de 1,200 mm., de diámetro.
- Para diámetros mayores, serán de diseño especial.

C.3) Espaciamiento máximo entre cámaras:

- 120 m., para tuberías hasta de 600 mm. (24”).
- 250 m., para tuberías mayores de 600 mm., de diámetro.

C.4) En las cámaras de inspección de más de 2 m., de profundidad, se aceptan tuberías que no lleguen al nivel del fondo, si su cota de llegada es 0.50 m. a más sobre el fondo. Si la caída es mayor a 1.00 m., se usan dispositivos especiales.



**Fig. 3:** Cámara de inspección

### Cálculo hidráulico

Las fórmulas recomendadas para el cálculo hidráulico son las de GANGUILLET y KUTTER y las de MANNING. Los caudales del sistema se calculan según:

- El 80% del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado. Para determinar la capacidad de diseño del sistema, este porcentaje se aplica al caudal máximo anual de la demanda horaria.
- El agua de infiltración a los sistemas de alcantarillado está en relación a: los terrenos saturados de aguas freáticas, la permeabilidad del suelo y la clase de tuberías a emplearse. En estos casos deberá justificarse la evaluación del volumen de infiltración.
- El agua de lluvias que se pueda incorporar al caudal del sistema de alcantarillado, debe establecerse en base a su ingreso por las cámaras de inspección y por el drenaje a las conexiones prediales. En general:

$$0.0002\text{ lts / seg / m} < q_i < 0.0008\text{ lts / seg / m}$$

El dimensionamiento del sistema de alcantarillado se hará para la conducción de los caudales máximos con una altura de flujo de 75% del diámetro de la tubería.

#### Velocidades permisibles

Si no hay arrastre de sólidos en la tubería, se colmatará con el tiempo reduciendo su diámetro. Por ello existen límites permisibles de velocidad para evitar la erosión y a la vez asegurar la auto limpieza mediante el arrastre de sólidos. Estas dependen del material de la tubería, según el siguiente cuadro:

**Tabla 5**  
*Velocidades permisibles en tuberías de alcantarillado*

Material del tubo	Velocidad (m/seg)	
	Mínima	Máxima
Concreto hasta 45 cm	0,30	3.0*
Concreto mayor de 45 cm	0,30	3,50
Asbesto cemento	0,30	5,00
PCV	0,30	5.0**
Polietileno	0,30	5,00

\* El limitar las velocidades tiene el objeto de evitar la generación de gas Hidrógeno sulfurado, que es muy tóxico y aumenta los malos olores en las aguas, así como reducir los efectos de la erosión en las paredes de los conductos.

\*\* En el caso del PVC los gases generados por la conducción de las aguas en este rango de velocidades no lo afectan, además de soportar la abrasión.

Fuente: León, M. J. F. A. (2000). Hidráulica de las conducciones libres

### Pendientes permisibles

Para reducir volúmenes de excavación, la pendiente de la tubería debe seguir en lo posible la pendiente del terreno, teniendo en cuenta lo siguiente:

- La pendiente mínima permisible es la necesaria para tener una velocidad de 0.30 m/s con un gasto de 1 lt/seg y un tirante mínimo de 1.5 cm.
- Las pendientes mínimas y máximas se especifican en base al diámetro interno de la tubería y el gasto mínimo según:

**Tabla 6**

*Pendientes permisibles en tuberías PVC usando la fórmula de Manning (n=0.009)*

Series	Diámetro		Gasto Mínimo(lt/seg)	Pendiente	
	Nominal (mm ó cm)	Interno Promedio (mm)		Mínima (v=0.3 m/s) (mm/m)	Máxima (v=5.0 m/s) (mm/m)
Serie 20	11	103,65	1	1,12	203,23
	16	151,65	1	1,22	122,35
	20	189,9	1	1,32	90,72
	25	237,2	1	1,43	67,39
	31,5	299,05	2	0,86	49,48
	35,5	337,05	2	0,9	42,18
	40	379,8	2	0,94	35,98
	45	427,4	3	0,69	30,73
	50	474,75	4	0,57	26,72
	63	598,45	5	0,51	19,62
Serie 25	11	103,65	1	1,12	203,23
	16	153,35	1	1,23	120,55
	20	191,9	1	1,32	189,39
	25	239,9	1	1,44	66,38
	31,5	302,25	2	0,86	48,78
	35,5	340,65	2	0,9	41,59
	40	384	2	0,94	35,45
	45	431,9	3	0,7	30,31
	50	479,95	4	0,57	26,36
	63	604,65	5	0,51	19,35

Fuente: León, M. J. F. A. (2000). Hidráulica de las conducciones libres

Los 300 m iniciales de la red de alcantarillado se diseñan con pendiente mínima de 1% o 0.1‰. Según las Normas de Saneamiento vigentes hay que considerar una pendiente mínima de 8 por mil, siempre que la velocidad sea de un valor menor a la mínima permisible de 0.60 m/seg.

### Fórmulas para el cálculo hidráulico

Para el cálculo hidráulico de la red de alcantarillado se pueden usar las fórmulas de GANGUILLET y KUTTER, BABBIT, o la de MANNING, para conductos circulares:

- Ganguillet y Kutter

De la fórmula de Chezy:

$$V = C\sqrt{RS}$$

Dónde: C = coeficiente de Chezy

R = radio hidráulico

S = pendiente

Luego:

$$C = \frac{23 + \frac{0.00155}{S} + \frac{1}{n}}{1 + \left(23 + \frac{0.00155}{S}\right) \times \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Esta expresión trabaja en el sistema métrico, donde “n” es el coeficiente de Manning.

#### **Tabla 7**

*Coeficientes “n” para el cálculo hidráulico en tuberías (fórmula de Ganguillet – Kutter y Manning)*

Material	N
Cerámica vitrificada	0,010
Asbesto cemento	0,010
Plástico PVC	0,010
Concreto y Fierro fundido	0,013
Acero	0,015

Fuente: León, M. J. F. A. (2000). Hidráulica de las conducciones libres

- Babbitt

En este caso, en la fórmula anterior se desprecia el término: 0.00155/S, por lo tanto:

$$v = \frac{(23n + 1)R_H \sqrt{S}}{n(\sqrt{R_H + 23n})}$$

Para tuberías de concreto, el valor de “n” es igual a 0.013, y R<sub>H</sub> es la cuarta parte del diámetro de la tubería, luego:

$$V = \frac{50D\sqrt{S}}{0.598 + \sqrt{D}}$$

En esta fórmula la velocidad se considera a tubo lleno o a media sección, donde V está expresado en m/seg.

$$Q = \frac{39.27D^3\sqrt{S}}{0.598 + \sqrt{D}}$$

Aquí se considera el caudal a tubo lleno, donde Q está en m<sup>3</sup>/seg.

- Manning:

$$Q = \frac{R^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Dónde:n: Coeficiente de Manning.

S: Pendiente de Tubería (m/m).

R: Radio Hidráulico (m).

#### 1.2.8. MODELO NUMÉRICO SERWEGEMS V8I

Es un Software de diseño y simulación de alcantarillados sanitarios. Su proceso reduce considerablemente el diseño. Tiene muchas otras capacidades como:

- Asignar y evaluar cargas de alcantarillado
- Asignar y evaluar cargas de aguas pluviales
- Analizar sistemas hidráulicos y desbordamientos de alcantarillado combinado
- Analizar las capacidades de entrada
- Construir y gestionar modelos hidráulicos
- Diseñar y analizar alcantarillas
- Diseñar y analizar estanques y desembocaduras
- Diseñar alcantarillado sanitario

Los resultados obtenidos para las diversas variables analizadas, generan cuadros de resultados que pueden ser exportados a hojas de cálculo para personalizar la presentación. Asimismo, puede exportarse al AutoCad, el plano de flujos que se genera con los datos de buzones y tuberías calculadas.

#### 1.2.9. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos, y su propósito es eliminar los contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en las aguas

residuales utilizadas por el ser humano. El propósito del tratamiento es producir agua depurada (o aguas residuales tratadas) que puedan ser reutilizadas en el medio ambiente y residuos sólidos o lodos (biosólidos o lodos) aptos para su reutilización. Suele llamarse tratamiento de aguas residuales.

### **Grados de tratamiento y sistemas usuales**

#### **A) Tratamiento primario**

Es para remover aceites, grasas, arenas y sólidos gruesos. Se hace con maquinaria o manualmente.

#### **B) Tratamiento secundario**

El tratamiento secundario se designa para degradar el contenido biológico de las aguas residuales que se derivan de la basura humana, restos de comida, jabones y detergentes. La mayoría de las plantas municipales e industriales trata el licor de las aguas residuales usando procesos biológicos aeróbicos.

#### **C) Tratamientos terciarios**

El tratamiento terciario proporciona una etapa final para aumentar la calidad del efluente al estándar requerido antes de que éste sea descargado al ambiente receptor (mar, río, lago, campo, etc.) Más de un proceso terciario del tratamiento puede ser usado en una planta de tratamiento. Si la desinfección se practica siempre en el proceso final, es siempre llamada pulir el efluente.

### **Elección del sistema de tratamiento**

El **Tanque Imhoff** es una unidad de tratamiento primario cuyo fin es remover sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, ofrecen ventajas para tratar aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por esto también se les llama tanques de doble cámara. Su operación es simple y no requiere de partes mecánicas; sin embargo, para su uso concreto las aguas residuales deben pasar por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y remoción de arena. Su forma típica rectangular y se divide en tres compartimentos:

- Cámara de sedimentación.
- Cámara de digestión de lodos.
- Área de ventilación y acumulación de natas.

Durante la operación, las aguas residuales fluyen a través de la cámara de sedimentación, donde se eliminan la mayoría de los sólidos sedimentables. Se deslizan por la pared inclinada en el fondo de la cámara de sedimentación, ingresan a la cámara

de digestión a través del espacio y hay sedimentadores superpuestos en el fondo. La parte superpuesta evita que el gas del producto de digestión o las partículas sólidas suspendidas interfieran con el proceso de precipitación. El gas y las partículas ascendentes que se producen inevitablemente durante el proceso de digestión se transfieren a la sala de crema o área ventilada. El lodo acumulado en el tanque de digestión se extrae regularmente y se introduce en el lecho de secado, donde el contenido de humedad se reduce por infiltración, y luego se retira y se desecha en un vertedero o se utiliza para la mejora del suelo.

### **Criterios generales de diseño del sistema de tratamiento asumido**

Los principios para el diseño de un tanque séptico son los siguientes:

- Prever un tiempo de retención de las aguas servidas, en el tanque séptico, suficiente para la separación de los sólidos y la estabilización de los líquidos.
- Prever condiciones de estabilidad hidráulica para una eficiente sedimentación y flotación de sólidos.
- Asegurar que el tanque sea lo bastante grande para la acumulación de los lodos y espuma.
- Prevenir las obstrucciones y asegurar la adecuada ventilación de los gases.

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digestor se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secado. Debido a la baja remoción de la DBO y coliformes, es recomendable enviar el efluente hacia una laguna facultativa para garantizar una buena remoción de microorganismos en el efluente. Para el diseño se considera la Norma OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- a) Cámara de sedimentación.
- b) Cámara de digestión de lodos.
- c) Área de ventilación y cámara de natas.

### **Dimensionamiento de la Infraestructura**

Elementos de la planta de tratamiento de aguas residuales:

- a) Desarenador
  - a.1) Cámara de rejillas
  - a.2) Desarenador

a.3) Vertedero Sutro

b) Tanque Imhoff

c) Lecho de secado de lodos.

**a) Desarenador**

**a.1) Cámara de Rejas**

Dispositivo constituido por rejas de barras metálicas paralelas e igualmente espaciada. Tiene como función es retener solidos gruesos y grandes, que son arrastrados por el flujo y estén flotando, para proteger la estructura contra la obstrucción en válvulas, bombas, equipos de aireación, tuberías y otras partes y equipos de la planta de tratamiento.

**Tabla 8**

*Material cribado de agua residual según abertura entre rejas*

Abertura entre rejas	Material cribado (lt/m3)
20 mm	0,038
25 mm	0,023
35 mm	0,012
40 mm	0,009

Fuente: (OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2006)

Características de las rejas:

- Espesor de barra: e (Según OS.090 entre 5 y 15mm)
- Ancho de barra: a (Según OS.090 entre 30 y 75 mm)
- Separación entre barras: s (Según OS.090 entre 20 y 50 mm)
- Eficiencia de la reja (E):

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

- Velocidad de paso entre rejas (V): Debe estar entre 0.6 a 0.75 m/seg. Si la velocidad es menor a 0.6 m/seg, los sólidos tienden a sedimentarse. Si es mayor a 0.75 m/seg 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 ( $A_t$ ):

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

- Número de barras (N):

Si se asume el ancho del canal de rejas en  $B=40 \text{ cm}=400\text{mm}$ , 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 anchomismo de las rejas, para evitar espacios muertos. Para lograrlo se recomienda un ángulo de transición de  $12^\circ 30'$ .

En consecuencia, la longitud de esa transición ( $L$ ) se calcula con:

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

Dónde:

$L_T$  = Longitud de transición ingreso-canal (m)

$B_1$  = Ancho de canal o diámetro de tubería de ingreso (m)

$B_2$  = Ancho del canal de rejas (m)

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

$$y_{\text{máx}} = \frac{A_t}{B}$$

- Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ ):

$$R_h = \frac{A_t}{B + 2Y_{\text{máx}}}$$

- Pendiente del canal (S):

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

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

#### Características del Bypass:

- Tirante sobre el vertedero del bypass ( $Y_{bp}$ ):

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

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

- 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 ( $D_e$ ):

- Tirante del emisor ( $y_e$ ):

$$\frac{y_e}{D_e} = 0.90$$

- 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 ( $hf$ ):

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

- 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:

$$h_2 = h_1 + Z$$

### a.2) 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.

Para el diseño hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La norma OS.090 recomienda que la velocidad del flujo debe controlarse y mantenerse alrededor de 0.3 m/seg con una tolerancia de  $\pm 20\%$ . 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 Q<sub>mh</sub>.

#### 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/seg.

Además también se ha constatado que los desarenadores deben diseñarse con tasas de aplicación de 600 a 1,200 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>/día). Las normas del RNE, recomiendan un rango entre 45 a 70 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>/hora).

#### Velocidad horizontal de sedimentación (Vs):

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 siguiente tabla, para una determinada temperatura. Esto es importante ya que, al disminuir la temperatura, aumenta la viscosidad del fluido, afectando a la velocidad de sedimentación.

(OPS/CEPIS, 2005a)

**Tabla 9**

*Densidad y viscosidad del agua calculadas de las tablas "International Critical"*

Temp. C°	Densidad (gr/cm3)	Visc. Cinem.	Temp. C°	Densidad (gr/cm3)	Visc. Cinem.
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: (OPS/CEPIS, 2005a)

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:

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

Por lo tanto, hacemos 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.

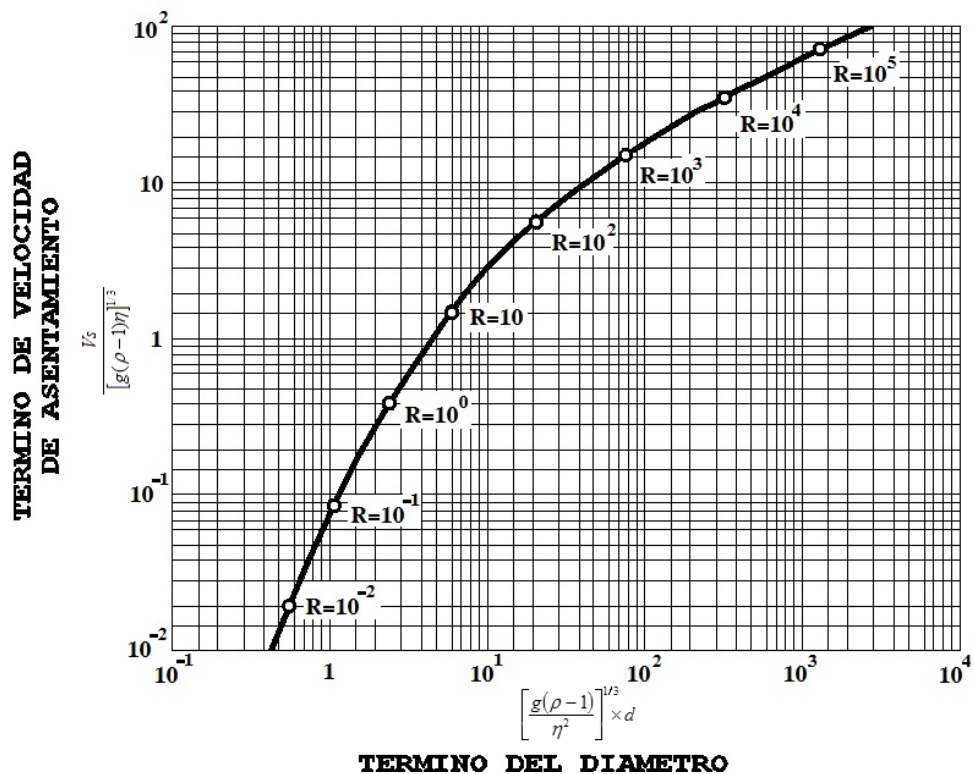
Calculamos el término del diámetro, con los datos existentes:

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

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

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

(OPS/CEPIS, 2005a)



**Fig. 4:** Velocidad de sedimentación en régimen de transición  
Fuente: (OPS/CEPIS, 2005a)

Despejando  $V_s$ :

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

Comprobamos nuevamente si cumple con la condición de Reynolds:

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

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:

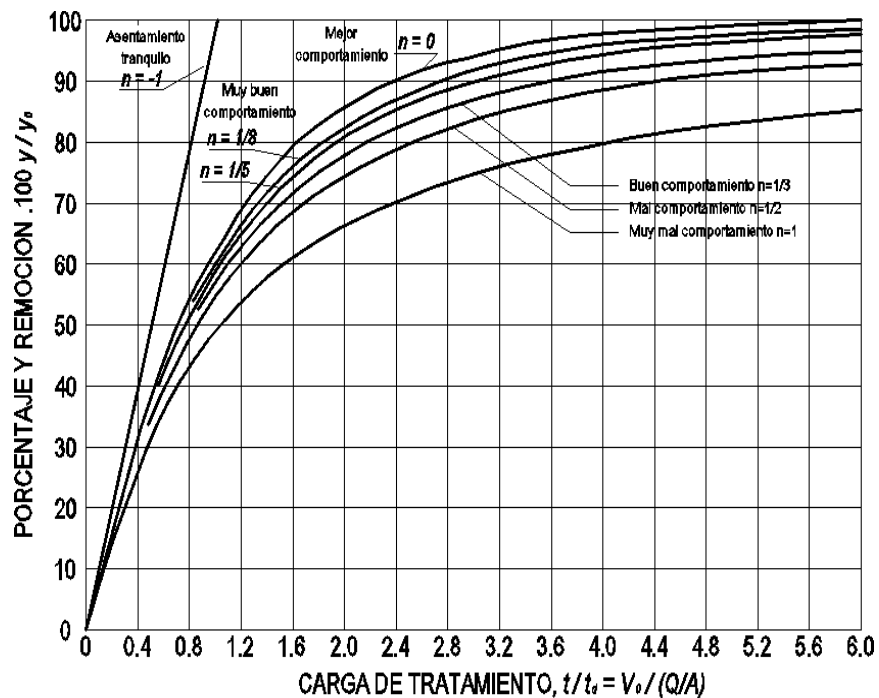
$$V_s = \sqrt{\frac{4}{3}g \times \frac{(\rho - 1)}{C_D} \times d_c}$$

Donde  $C_D$  es el coeficiente de arrastre, obtenido con:

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

Con la que calculamos el área requerida. El caudal se incrementa previamente por un coeficiente de seguridad que garantiza la eficiencia requerida, según Rivas Mijares-1978. Considerando 100% de eficiencia y remoción, del gráfico siguiente obtenemos:

(OPS/CEPIS, 2005a)



**Fig. 5:** Curvas de comportamiento

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005a)

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

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 disponer de 02 canales de desarenador para hacer limpieza sin obstruir el flujo, por ello cada uno 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  $12^{\circ}30'$  como ángulo. (OPS/CEPIS, 2005a)

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 10**

*Valores de "a" para la fórmula de Camp*

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

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

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

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:

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

- Arkhangelski

La velocidad de caída se determina según la siguiente tabla:

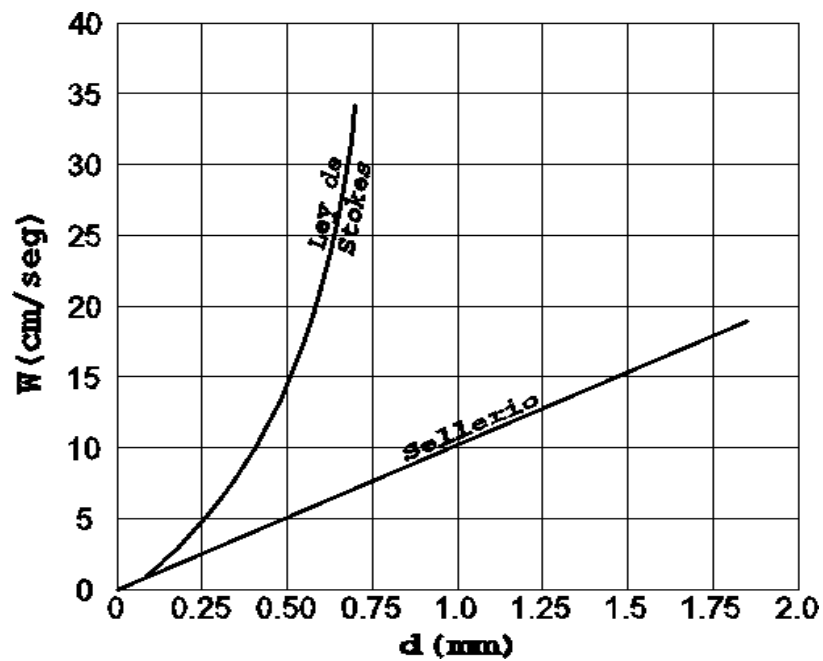
**Tabla 11**  
*Velocidad de caída según Arkhagelski*

d (mm)	W (cm/seg)	d (mm)	W (cm/seg)
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: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

- Stokes y Sellarío

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



**Fig. 6:** *Experiencia de Sellarío*

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 2010)

- Owens

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

**Tabla 12**

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 $d > 3\text{mm}$	6,12
Granos de cuarzo $d > 0.7\text{mm}$	1,28

Fuente: (Autoridad Nacional del Agua, 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.  
(Autoridad Nacional del Agua, 2010)



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

(Autoridad Nacional del Agua, 2010)

**b) Diseño del tanque Imhoff:**

El tanque Imhoff elimina del 40 al 50% de sólidos suspendidos y reduce la DBO de 25 a 35%. Los lodos acumulados en el digester del tanque Imhoff se extraen periódicamente y se conducen a lechos de secados. Para el diseño se considera la Norma OS.090 “Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales” del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE). El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- ✓ Cámara de sedimentación.
- ✓ Cámara de digestión de lodos.
- ✓ Área de ventilación y cámara de natas.

Además de estos compartimientos se tendrá que diseñar el lecho de secados de lodos.

Diseño de la cámara de sedimentación

a) “El caudal promedio para el diseño, se calcula con la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{\text{Población} \times \text{Dotación}}{1000} \times \% \text{Contribución}$$

Siendo la dotación en lt/hab/día.

b) El área del sedimentador se calcula con:

$$A_s = \frac{Q_p}{C_s} (m^2)$$

Dónde:  $C_s$  = Carga superficial, igual a  $1m^3/(m^2 \times \text{hora})$

El volumen del sedimentador se calcula con:

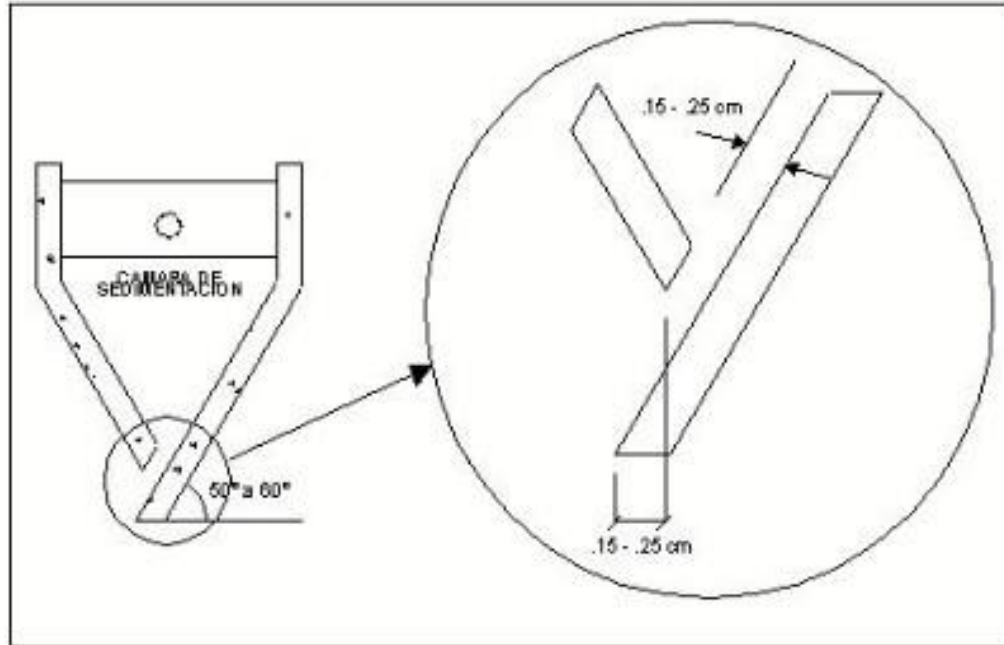
$$V_s = Q_p \times R (m^3)$$

Donde  $R$  es el período de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°. En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digester, esta será de 0,15 a 0,20 m. Uno de los lados debe prolongarse 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digester hacia el

sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

(OPS/CEPIS, 2005b)



**Fig. 8:** *Detalle de la cámara de sedimentación*  
Fuente: (OPS/CEPIS, 2005b)

c) Longitud mínima del vertedero de salida se calcula con:

$$L_v = \frac{Q_{m\acute{a}x}}{Ch_v} (m)$$

Dónde:

$Q_{m\acute{a}x}$  = Caudal máximo diario de diseño, en m<sup>3</sup>/día.

$Ch_v$  = Carga hidráulica sobre el vertedero, de 125 a 500 m/ (m\*día), (recomendable 250).

#### Diseño del digestor

a) Volumen de almacenamiento y digestión: Se diseña para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) con la siguiente expresión:

$$V_d = \frac{70 \times P \times f_{cr}}{1000} (m^3)$$

Dónde:

$f_{cr}$  = Factor de capacidad relativa.

P = Población.

Se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

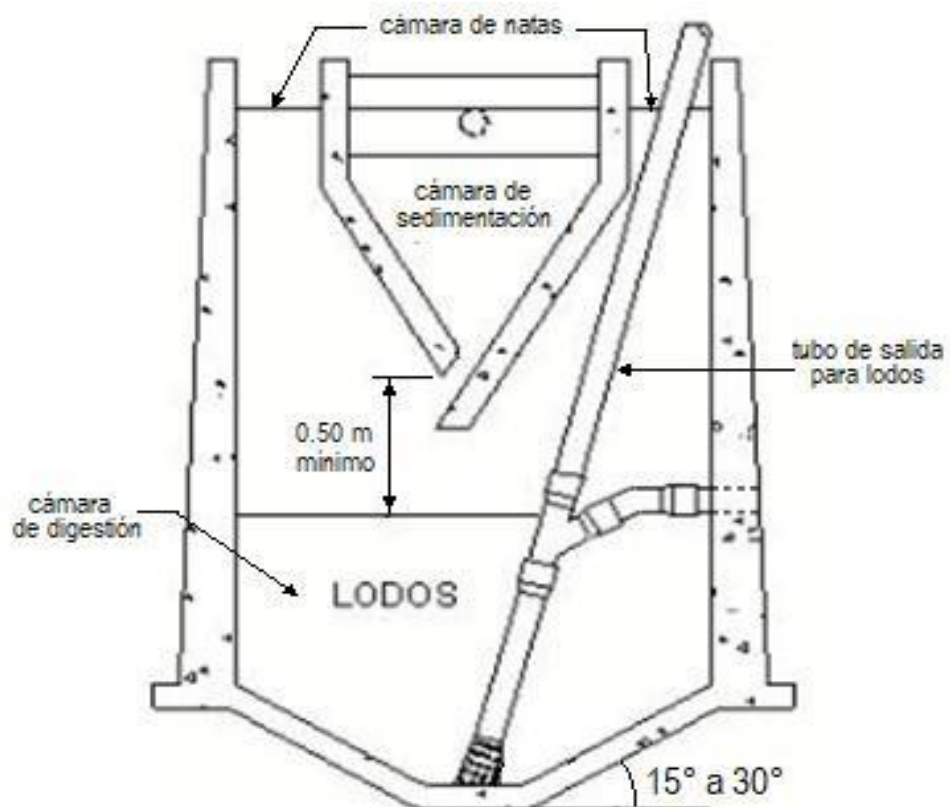
**Tabla 13**  
Factores de capacidad relativa

Temperatura °C	$f_{cr}$
5	2,0
10	1,4
15	1,0
20	0,7
>25	0,5

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005b)

El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos. Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de  $15^\circ$  a  $30^\circ$  con respecto a la horizontal. La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

(OPS/CEPIS, 2005b)



**Fig. 9.** Detalles de la cámara de digestión

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005b)

b) Tiempo requerido para digestión de lodos: Varía con la temperatura, para esto se usan los valores de siguiente tabla:

**Tabla 14**  
*Tiempo de digestión*

Temperatura °C	Días
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: OPS/CEPIS-UNATS ABAR 2005

c) Frecuencia del retiro de lodos: Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en la tabla anterior.

#### Extracción de lodos

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

#### Área de ventilación y cámara de natas

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digester y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta lo siguiente:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será no menor al 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.

Con el procedimiento indicado anteriormente en la descripción se complementa con lo siguiente:

#### Procedimiento de operación

Al entrar en funcionamiento, un tanque Imhoff debe cebarse para poner en marcha el proceso de digestión. Esto se hace utilizando lodos digeridos de otro tanque, o a falta de éstos, materia nutritiva, tal como unas cuantas paladas de abono o estiércol. Puede desarrollarse una espuma o nata excesiva, como resultado de condiciones ácidas, teniéndose que usar medios correctores, como adiciones de cal en poca cantidad, a fin de ajustar así el pH hasta el punto neutro. En su funcionamiento normal, un tanque Imhoff debe ser vigilado diariamente, aunque para hacerlo no exija mucho trabajo en su manejo ni muchas herramientas. Al subir los gases para salir por las ventosas, llevan algunos

sólidos a la superficie, y pueden formar espuma o nata gruesa flotante. Los gases pueden levantar las masas flotantes aun hasta rebosar las paredes, estorbando así el paso normal de ellos, haciendo que pasen hacia arriba a través de la ranura de las cámaras de sedimentación, se vuelven sépticos, a menos que sean removidos. Sin embargo, pueden prevenirse la mayoría de las dificultades o mal funcionamiento del tanque por medios sencillos. La espuma o nata se dispersa u obliga a bajar por medios de chorros de agua con manguera, y los sólidos de la cámara de sedimentación se obligan a bajar utilizando una cadena pesada, suelta, de rastreo. Hay que conocer el nivel de los lodos de cuando en cuando, para lo cual se usa un palo y placa o una bomba de mano con manguera, para mantener este nivel bajo control, sacando mensualmente los lodos digeridos, o cuando se requiera, para obtener buen resultado. Los lodos se descargan sobre lechos de arena para secarlos.

(OPS/CEPIS, 2005b)

**c) Diseño del lecho de secado de lodos:**

Pueden ser construidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m, pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10 m. El medio de drenaje es generalmente de 0.30m de espesor y deberá tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 0.15m formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 0.02 a 0.03m llena de arena.
- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3 mm.
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada hasta 0.20m de espesor.
- Carga de sólidos que ingresa al sedimentador  $C$  (kg de SS/día).

Cálculo de la carga de sólidos: ( $C$ )

Se estima mediante la ecuación:

$$C = 0.0854Q \times SS$$

Dónde:

$C$  = Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (kg de SS/día)

Q = Caudal promedio de aguas residuales ( $Q_{Emisor} = 0.0004874 \text{ m}^3/\text{seg}$ )

SS = Sólidos en suspensión en el agua residual cruda (kg/lt).

Sin embargo, también se puede estimar en función de la población por la contribución per cápita (gr de SS/hab x día) según la siguiente expresión:

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución per cápita}}{1000} \text{ (gr. SS/hab} \times \text{día)}$$

La norma OS.090 del RNE, especifica que esta contribución per cápita, para comunidades pequeñas, sin sistema de alcantarillado como en este caso, se puede optar por 90 gr. SS/hab x día, obtenida de la siguiente tabla:

**Tabla 15**  
*Aportes per cápita para aguas residuales domésticas*

Parámetros	
- DBO 5 días, 20°C, gr/(hab x día)	50
- Sólidos en suspensión, gr/(hab x día)	90
- NH3 - N como N, gr/(hab x día)	8
- N Kjeldalh total como N, gr/(hab x día)	12
- Fósforo total, gr/(hab x día)	3
- Coliformes fecales. N° de bacterias/(hab x día)	$2 \times 10^{11}$
- Salmonella Sp., N° de bacterias/(hab x día)	$1 \times 10^8$
- Nemátodos intestinal, N° de huevos/(hab x día)	$4 \times 10^5$

Fuente: (OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2006)

Masa de sólidos que conforman los lodos ( $M_{sd}$ )

Se expresa en kg. SS/día, según la siguiente ecuación:

$$M_{sd} = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

Volumen diario de lodos digeridos ( $V_{ld}$ ):

Se determina por:

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times (\% \text{ de sólidos}/100)}$$

Dónde:

$M_{sd}$  = Masa de sólidos que conforman los lodos (kg. SS/día)

$\rho_{lodo}$  = Densidad de los lodos (1.03 a 1.04 kg/lt)

$\% \text{ de sólidos}$  = % de sólidos contenidos en el lodo (8 a 12%).

Rendimiento volumétrico del digestor: ( $R_d$ )

$$R_d = \frac{\text{Volúmen de lodos en el digestor}}{\text{Población de diseño}}$$

Área unitaria del Lecho de Secado requerida, por habitante: ( $A_u$ )

Este requisito de área debe verificarse para una carga superficial anual de sólidos aplicado al lecho de secado, la cual debe estar entre 120 y 200 kg. SS/m<sup>2</sup> x año, para tratamientos primarios, según la norma OS.090.

Para este caso se asume que el número de aplicaciones ( $N_a$ ) del lecho de secado es de 1 año y la profundidad de aplicación  $H_a$ , varía entre 0.20 a 0.40 m. Luego, asumiendo una profundidad de 0.40 m, obtenemos:

$$A_u = \frac{R_d}{N_a \times H_a}$$

Área mínima del Lecho de Secado: ( $A_{LS}$ )

$$A_{LS} = A_u \times \text{Población de diseño}$$

Verificando la carga superficial anual de sólidos: ( $C_{sa}$ )

Esta carga debe estar comprendida en la siguiente tabla:

**Tabla 16**

*Requisitos de área según el tipo de tratamiento para lechos de secado*

Tipo de lodo digerido	kg. SS/m <sup>2</sup> xaño
Primario	120 - 200
Primario y filtros percoladores	100 - 160
Primario y lodos activados	60 - 100
Zanjas de oxidación	110 - 200

Fuente: (OS.090: Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, 2006)

Para un tratamiento primario, la carga superficial anual debe estar entre 120 a 200 kg. SS/m<sup>2</sup> x año, luego calculamos la carga para verificar que el área unitaria del lecho de secado requerida por habitante es la correcta:

$$C_{SA} = \frac{M_{sd} \times 365}{A_{LS}}$$

Dimensiones del lecho de secado:

El ancho esta generalmente entre 3 y 6 m, pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m. Luego, asumiendo un ancho  $A = 8.00$  m, se obtiene:

$$L = \frac{A_{LS}}{A}$$

### 1.3. MARCO LEGAL

La construcción de la carretera se diseñará y ejecutará de acuerdo a las normas vigentes mencionadas.

- ✓ Resolución Ministerial-192-2018 “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2018).
- ✓ R.N.E. Norma Técnica IS.010 “Instalaciones Sanitarias para Edificaciones” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).
- ✓ Reglamento Nacional de Edificaciones. Norma OS.070 “Redes de aguas residuales” Del MVCS.
- ✓ R.N.E. Norma Técnica OS.090 “Planta de tratamiento de aguas residuales” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).
- ✓ R.N.E. Norma Técnica OS.100 “Consideraciones Básicas de diseño de infraestructura sanitaria” del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2006).

#### 1.4. MARCO CONCEPTUAL

- **Agua residual doméstica:** Agua de origen doméstico, comercial e institucional, que contiene desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.
- **Arrastre hidráulico:** Fuerza de tracción que produce los desagües para la evacuación de las excretas desde los aparatos sanitarios hasta el hoyo o pozo.
- **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.
- **Caudal máximo horario:** Caudal de consumo más alto en un día de máximo consumo, observado en el periodo de un año.
- **Caudal Medio:** Promedio de los caudales diario de un periodo determinado.
- **Manejo de aguas residuales:** Conjunto de obras de recolección, conducción, tratamiento, disposición final y acciones de operación, monitoreo, control y vigilancia con relación a las aguas residuales.
- **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 distribución final del agua potable.
- **Saneamiento básico:** Conjunto de infraestructuras públicas que comprendan los elementos siguientes: red de colectores, emisor, estaciones de tratamiento de las

aguas residuales, cualquiera que sea el tipo de tecnología utilizada y el objetivo sea devolver los efluentes a los cauces públicos en las mejores condiciones, compatibles con el mantenimiento del medio ambiente.

- **Parámetros de diseño para infraestructuras de desagües:** Conjunto de datos para las condiciones finales e intermedias del diseño que sirven para el dimensionamiento, cálculos hidráulicos de los diferentes componentes de un sistema integral de recolección y tratamiento y disposición final de aguas residuales.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 2.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El Centro Poblado Sondondo, actualmente no cuenta con una red de recolección de aguas residuales. El actual sistema está conformado por letrinas artesanales en varias viviendas. Cabe mencionar que estas son construidas por los propios pobladores, sin haber de por medio una adecuada dirección técnica.

La mayor parte de la población, que trabaja en actividades agropecuarias, recurre al campo para realizar sus necesidades fisiológicas, lo cual constituye una situación de riesgo sanitario debido a que se pueden producir enfermedades de tipo diarreicas y gastrointestinales, en especial a los niños. En la zona urbana se vive un ambiente de contaminación y aromas fétidos.

La cobertura de agua actual llega al 90%, en alcantarillado la cobertura es (0%) si se trata de una red de recolección de aguas residuales con sistema de conexiones domiciliarias. En consecuencia, la descarga de aguas servidas hacia plantas de tratamiento es totalmente nula. Esta situación exige un cambio radical en la forma de eliminar las excretas y aguas residuales mediante la construcción de redes de alcantarillado y una planta de tratamiento.

#### **Condiciones Sanitarias**

Las enfermedades transmisibles que con mayor frecuencia se presentaron en estos últimos años son: respiratorias, pulmonares, tuberculosis, gastrointestinales, entre otras domésticas de la zona. Sin embargo, en el Distrito de Cabana, la incidencia de enfermedades diarreicas agudas, relacionadas con la falta de saneamiento, se produjeron en el año 2017.

**Tabla 17**

*Enfermedades diarreicas agudas (EDAS) de origen hídrico registradas en el distrito de Cabana (2017) – Lucanas, Ayacucho*

Tipo de EDA	No. de casos	Población en riesgo	% de Incidencia
Acuosa	33	4.587	0,72%
Disentérica	0		0,00%
Total =	33	4.587	0,72%

Fuente: Centro Nacional de Epidemiología, Prevención y control de Desastres (MINSa)

## **2.2. FORMULACIÓN DE PROBLEMAS**

### **2.2.1. PROBLEMA GENERAL**

*¿En qué medida influye el Análisis y Diseño Integral del Saneamiento Básico para la Calidad de vida del C.P. Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas, Ayacucho?*

### **2.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- a) *¿De qué manera el análisis influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas-Ayacucho aplicando el modelo numérico SewerCad V8i?*
- b) *¿De qué manera el diseño integral del saneamiento básico influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas-Ayacucho aplicando el modelo numérico SewerCad V8i?*

## **2.3. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA**

### **2.3.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL O GEOGRÁFICA**

El proyecto se desarrollará en:

- Localidad : C.P. Sondondo
- Distrito : Cabana
- Provincia : Lucanas
- Departamento : Ayacucho

Su centro se ubica en las coordenadas geográficas siguientes: Latitud Sur 14°17'25.80'' y Longitud Oeste 73°58'3.24''; las Coordenadas UTM, son 611,412.30 m E y 8'419,798.60 m S.

### **2.3.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL**

En este caso, siendo una investigación transversal, la delimitación temporal corresponde al período de diseño de 22 años, comprendido entre el año 2019 que se realiza la evaluación y el año 2041 en que culmina el período de diseño.

### **2.3.3. DELIMITACIÓN SOCIAL**

Es el área socioeconómica en la que se desarrolla el C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas, Ayacucho, el cual cuenta con una población de 683 habitantes.

#### 2.3.4. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

El tema general es la HIDRÁULICA, aplicada al Diseño de Redes de Desagüe y Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales. Considerando normas técnicas peruanas (NTP) del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), la norma técnica RM-192-2018-MVCS, para centros poblados en zonas rurales y el manual: “Criterios de diseño de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico” del ANA, IS.010, OS.070, OS.090, OS.100.

### 2.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.4.1. JUSTIFICACIÓN

La justificación para esta investigación radica en que se buscará una solución adecuada que aporte a la problemática del C.P. de Sondondo y que a la vez formará parte del Plan Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) impulsado por el Ministerio de Vivienda y Construcción y Saneamiento (MVCS) para lograr los objetivos nacionales en relación a temas de salubridad y calidad de vida poblacional rural.

#### 2.4.2. IMPORTANCIA

La presente investigación es importante porque se logrará obtener una solución económicamente viable que sirvan de aporte para problemáticas semejantes que se producen en otras localidades con características geográficas y socioeconómicas similares, donde el fin es mejorar la calidad de vida de sus pobladores al contar con servicios de alcantarillado y tratamiento de aguas residuales.

### 2.5. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

#### 2.5.1. OBJETIVO GENERAL

*Realizar el Análisis y Diseño Integral del Saneamiento Básico para mejorar la calidad de vida del C.P. Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas, Ayacucho.*

#### 2.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) *Realizar el análisis que influirá en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.*
- b) *Realizar el diseño integral del saneamiento básico que influirá en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.*

## 2.6. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

### 2.6.1. HIPÓTESIS GENERAL O PRINCIPAL

*El Análisis y Diseño Integral del Saneamiento Básico influye en mejorar la calidad de vida del C.P. Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas - Ayacucho.*

### 2.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- a) *El Análisis influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, del distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.*
- b) *El diseño integral del saneamiento básico influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, del distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.*

## 2.7. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

### 2.7.1. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente:

- Análisis y Diseño Integral del Sistema de Alcantarillado.

Variable Dependiente:

- La calidad de vida del C.P. Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas - Ayacucho.

### 2.7.2. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 18**

*Representación de la operacionalización de variables*

Variables	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores
INDEPENDIENTE: Análisis y diseño integral del sistema de alcantarillado	Calcular la red de alcantarillado y su planta de tratamiento de aguas residuales	• Población de actual. • Caudal de diseño.	• Población futura • % de contribución de caudal a la red de alcantarillado
DEPENDIENTE: Calidad de vida del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas, Ayacucho.	Mejoramiento de la calidad de vida de la población	• Mejores índices de salubridad. • Reducción de tasas de morbilidad por EDAs.	• Dimensionado de la red de desagüe. • Dimensionado de planta de tratamiento de aguas residuales

## CAPÍTULO III

### ESTRATEGIA METODOLÓGICA / METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

##### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación *cuantitativa y aplicada*. Porque se apoya en informaciones que pueden ser medibles y aplicada porque busca utilizar los conocimientos que se adquieren mediante su desarrollo a favor de la comunidad.

##### 3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación de la presente tesis es *descriptivo – explicativo*. En referencia al primer nivel, es representar por medio de palabras las características de fenómenos, hechos, situaciones, entre otros, para que quien lo lea o interprete la investigación, los evoque en su mente. Referente al nivel explicativo, es un proceso que va mucho más allá de la simple descripción de un objeto, buscando expresar de manera clara las características de la investigación.

##### 3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Son aquellos métodos y técnicas que usa el investigador de manera razonable y lógica, en forma alternada de manera que el problema de investigación se maneje con eficiencia. Este diseño servirá de guía para desarrollar la investigación empleando una metodología muy particular. En este caso la investigación es no experimental- transversal según la temporalización, ya que el propósito del método es describir las variables y analizar su incidencia e interrelación en un determinado momento.

#### 3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA MATERIA DE INVESTIGACIÓN

##### 3.2.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Se considera a todo el Sistema integral de saneamiento básico del C.P. de Sondondo, distrito de Cabana, provincia de Lucanas, Ayacucho.

##### 3.2.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA

Está constituida por 5,004.35 metros lineales de la red de alcantarillado del C.P. de Sondondo, con sus 107 buzones y 486 conexiones domiciliarias.

## **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: Observación de campo no experimental, recopilación de información temática.

#### **4.2. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

Los principales instrumentos que se aplicaron en las técnicas son: Equipo fotográfico, equipo topográfico.

#### **4.3. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**

Estas consistirán en la Recolección de datos, Procesamiento de información y Presentación y publicación de los resultados. Respecto al análisis se aplicará el análisis cuantitativo y su interpretación será objetivamente.

#### **4.4. PROCEDIMIENTOS**

La secuencia metodológica será estructurada en tres etapas, las cuales son:

1. Etapa preliminar de gabinete, consiste en la recopilación, procesamiento, evaluación y análisis de la información temática preliminar, relacionada con el ámbito de influencia del estudio, que en este caso es:
  - Recopilación de información relacionada con enfermedades de origen hídrico e índices de salubridad en la zona.
  - Datos censales para determinar la tasa de crecimiento poblacional.
2. Etapa de campo, tiene como finalidad evaluar los peligros, vulnerabilidades y riesgos de la zona donde se ubica el proyecto, así como su área de influencia, teniendo en cuenta el desarrollo de las siguientes actividades:
  - Reconocimiento de campo de toda el área de influencia del proyecto.
  - Determinar la población actual mediante encuesta de campo
  - Desarrollar el levantamiento topográfico que permita estructurar la red de alcantarillado y planta de tratamiento en planta y perfil.
  - Ejecutar estudios de Suelos para la planta de tratamiento

3. Etapa final de gabinete, Comprende principalmente las tareas de análisis y diseño hidráulico:

- Identificación de población futura
- Caudal de diseño
- Trazo de la red en planta y perfil
- Trazo de la planta de tratamiento de aguas residuales en planta y perfil.

## CAPÍTULO V

### PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 5.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA EL PROYECTO

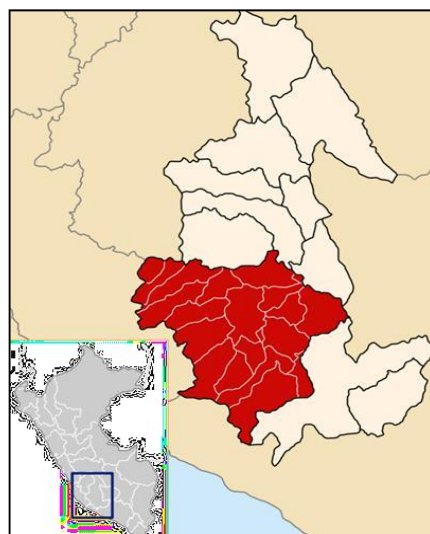
##### 5.1.1. UBICACIÓN

El proyecto se desarrollará en el C.P. Sondondo, del distrito de Cabana, provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

Su centro se ubica en las coordenadas geográficas siguientes: Latitud Sur  $14^{\circ}17'25.80''$  y Longitud Oeste  $73^{\circ}58'3.24''$ ; las Coordenadas UTM, son 611,412.30 m E y  $8'419,798.60$  m S.



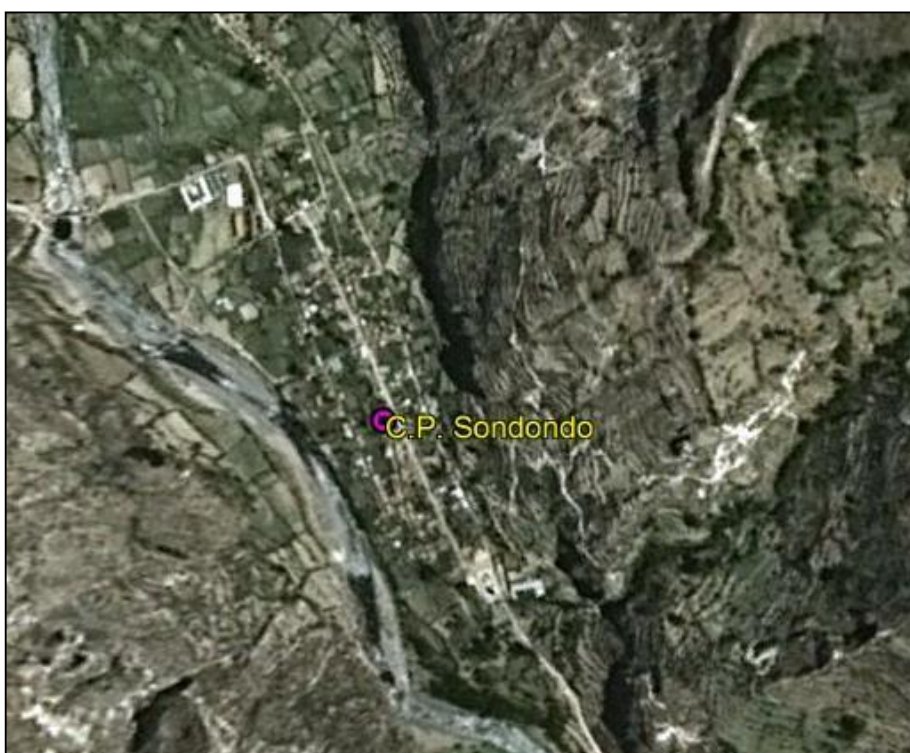
**Fig. 10:** *Ubicación del departamento de Ayacucho*  
Fuente: wikipedia.org



**Fig. 11.** *Ubicación de la provincia de Lucanas*  
Fuente: wikipedia.org



**Fig. 12:** *Ubicación del distrito de Cabana*  
Fuente: INEI

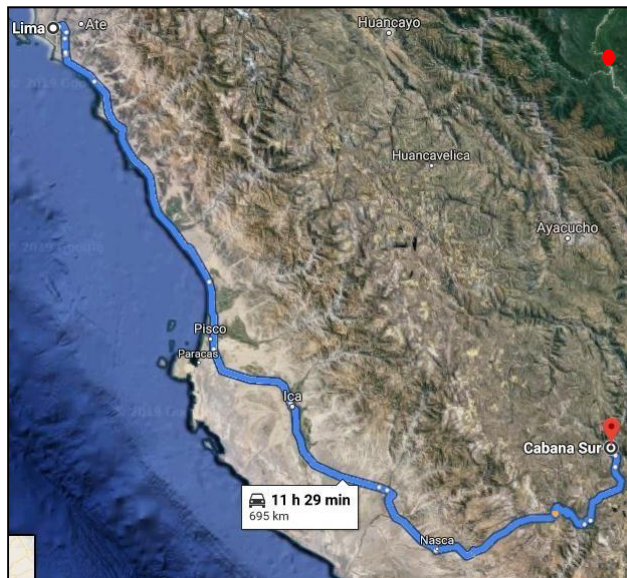


**Fig. 13:** *Ubicación del C.P. de Sondondo*  
Fuente: (Google Earth, 2019)

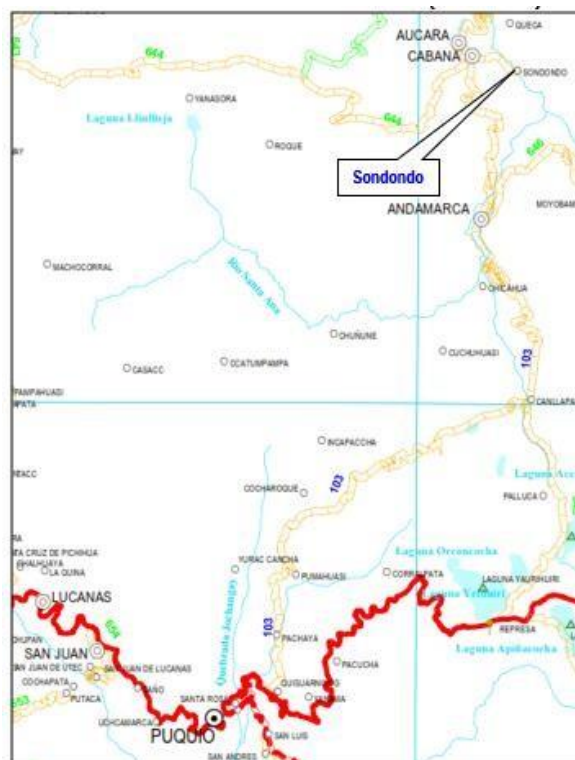
### 5.1.2. ACCESIBILIDAD

El recorrido desde la ciudad de Lima, por la autopista Panamericana Norte, pasando por Ica hasta Nazca se llega con 447 km en 6 horas y 33 minutos. A partir de Nazca hay una derivación hacia la localidad de Puquio, en carretera asfaltada, desde allí

por medio de una carretera afirmada se llega hasta Cabana Sur, en el departamento de Ayacucho con un recorrido total de 695 km en 11 horas 29 minutos. Desde allí, hacia el Centro Poblado de Sondondo se llega recorriendo 5.5 km con un tiempo de 20 mín., sobre una carretera vecinal afirmada muy sinuosa, haciéndose un recorrido total de 705.5 km en un tiempo de viaje de 11 horas 49 minutos, desde la ciudad de Lima.



**Fig. 14.** Acceso al C.P. de Sondondo  
Fuente: (Google Earth, 2019)



**Fig. 15:** Acceso al C.P. de Sondondo desde Puquio  
Fuente: MTC

### 5.1.3. CLIMA

El Proyecto, se encuentra en la micro cuenca hidrográfica del Río Sondondo. El clima allí, es seco y su temperatura varía entre 26° como mínimo y 20.8° como máxima, debido a que existe una cadena de cerros en su recorrido. En esta zona ocurren lluvias de regular intensidad entre los meses de diciembre y abril, y se presentan de manera intempestiva. Entre los meses de mayo a noviembre hay la presencia de heladas perjudicando la actividad agrícola.

Los diferentes ecosistemas en estudio, altitudinalmente se encuentran entre los 2990 a 3,800 msnm, en el caso del centro Poblado de Sondondo tiene un piso altitudinal de 2993.00 msnm. Durante el año la mayor concentración de lluvias se presenta durante los meses de octubre a marzo, y un período de sequía de abril a septiembre, con una precipitación pluvial de 253.90 mm/año.

### 5.1.4. TOPOGRAFÍA Y TIPO DE SUELOS

- a) Topografía: El relieve topográfico de la zona tiene un sistema de relieve montañoso, formado por valles y quebradas entre los 2990 y 3,800 msnm, con pendiente variable entre 1:4 a 1:6, ubicados en el valle del Río Sondondo. El material de cobertura del suelo es de origen aluvial.
- b) Geología y Suelos: La localidad de Sondondo presenta un suelo de matriz predominante vegetal con gravas subangulares, terreno arena arcillosa decolor marrón claro de baja a mediana compactación como también mantos rocosos en las partes accidentadas.

### 5.1.5. CARACTERÍSTICAS URBANAS Y VIVIENDA

El C.P. Sondondo, tiene un desarrollo urbano adaptado a la configuración topográfica del lugar donde se asienta. Estando a orillas del río Sondondo, su crecimiento es alargado en una franja angosta de terreno, limitado por el río y cerros con farallones verticales. En tal sentido, las edificaciones se ordenan en torno a la avenida principal que es la vía de ingreso y salida de la carretera Cabana Sur – Sondondo. Las viviendas son de 1 y 2 pisos, predominantemente están construidas de adobe con cubiertas de calamina.

Las edificaciones de material noble son las instituciones educativas y de administración pública. Muy pocas edificaciones son de material noble. Las vías internas se encuentran en terreno natural. Cuenta con una Plaza de Armas. La

conformación urbana está definida por calles estrechas, calles secundarias, pasajes, vías principales, conformando manzanas de forma irregular y en el centro de la localidad.



**Fig. 16:** *Vista Panorámica del C.P. Sondondo*



**Fig. 17:** *Vista de las calles del C.P. Sondondo*



**Fig. 18:** *Vista de las calles del C.P. Sondondo*



**Fig. 19:** *Vista de las calles del C.P. Sondondo*

#### 5.1.6. ANÁLISIS DE LOS SERVICIOS PUBLICOS ACTUALES

##### **Salud**

El Centro Poblado Sondondo, cuenta con un Puesto de Salud donde laboran una, enfermera, auxiliares de apoyo, con una atención de 24 horas en forma diaria.

##### **Educación**

El C.P. de Sondondo cuenta con las siguientes instituciones educativas:

**Tabla 19**

*Instituciones educativas en el C.P. Sondondo*

Institución Educativa	Nivel	Docentes	Alumnos
182 Felipe Huamán Poma de Ayala	Inicial - Jardín	1	3
24083 Felipe Huamán Poma de Ayala	Primaria	3	10
Felipe Huamán Poma de Ayala	Secundaria	8	12

Fuente: ESCALE – MINEDU

##### **Servicio de agua potable:**

Actualmente la localidad de Sondondo cuenta con una fuente de captación de agua de tipo superficial ubicada a una altura de 3255.00 msnm. Esta tiene una oferta hidrica actual de 7 litros/seg y el caudal captado proviene del manantial denominado “Ancochaca”. Dicho caudal es conducido a través de una tubería PVC de Ø4” de aproximadamente 830 ml, que llega a un reservorio de 25 m3 con estructura de concreto armado. Actualmente se encuentra operativo, con un estado de conservación regular. La red de distribución de agua potable se encuentra en buen estado y tiene una longitud total aproximada de 5780 ml, con diámetros entre 90 y 63mm. Cubre un total de 486 conexiones domiciliarias. La cobertura esta al 100%.

##### **Servicio de alcantarillado:**

Este servicio no existe en forma de redes. Por falta de gestión para obtener financiamiento, no se desarrollaron los estudios correspondientes, por lo cual la población continuó con el uso de letrinas artesanales. Sin embargo, estas instalaciones son irregulares y no cumplen con las condiciones mínimas para la salubridad y el medio ambiente.

##### **Condiciones de salubridad:**

Las enfermedades transmisibles que con mayor frecuencia se presentaron en estos últimos años son: respiratorias, pulmonares, tuberculosis,

gastrointestinales, entre otras domésticas de la zona. Sin embargo, en el Distrito de Cabana, la incidencia de enfermedades diarreicas agudas, relacionadas con la falta del servicio de alcantarillado que se produjeron en el año 2017.

**Tabla 20**

*Enfermedades diarreicas agudas (EDAS) de origen hídrico registradas en el distrito de Cabana (2017) – Lucanas, Ayacucho*

Tipo de EDA	No. de casos	Población en riesgo	% de Incidencia
Acuosa	33	4.587	0,72%
Disentérica	0		0,00%
Total =	33	4.587	0,72%

Fuente: Centro Nac. de Epidemiología, Prevención y control de Desastres (MINSA)

Esta información confirma la incidencia de enfermedades relacionadas a la falta de saneamiento que repercute en la calidad de vida de la población del centro poblado de Sondondo.

**Conclusión:**

Bajo el análisis realizado y según la magnitud de la población es recomendable aplicar un sistema de evacuación de aguas residuales, mediante redes, que permitan conducir las hacia una planta de tratamiento conformada por un **desarenador**, un **tanque imhoff** (para poblaciones menores a 5000 hab.) adecuadas para tratar aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad. Y finalmente un **lecho de secado**.

**5.2. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO**

**5.2.1. PERIODO DE DISEÑO**

Según la Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural, se recomienda:

**Tabla 21**

*Períodos de diseño para estructuras hidráulicas de alcantarillado*

Estructuras	Período de diseño
Red de desagüe y emisor	20 años
Caseta de bombeo	20 años
Equipos de bombeo	5 a 10 años
Plantas de tratamiento	20 a 30 años

Fuente: MVCS – Elaboración propia

Considerando lo expresado en el ítem anterior, se opta por un período de 22 años que comprende el período de vida útil de 20 años, más 02 años de aprobación de la inversión pública y la ejecución de obra.

## 5.2.2. ESTUDIOS TOPOGRÁFICOS

### a) Proceso topográfico

#### Red de Control Horizontal y vertical

Se establecieron puntos de control con coordenadas UTM en el Datum WGS 84, utilizando un GPS navegador Garmin III, para la red de apoyo topográfico. Todos los demás puntos levantados se han geo referenciado a esta red de control. Se utilizó una Estación Total para llevar el control vertical (cotas) sin necesidad de utilizar un nivel óptico ya que su precisión es milimétrica ( $\pm 0.02$  mm), colocándose BMs de control vertical que sirvan tanto para el levantamiento como para el replanteo final.

#### Equipos topográficos:

- 01 estación Total marca TopCon ES-105 + 03 prismas
- 01 GPS Navegador marca Garmin III.
- 04 equipos de radiocomunicación marca Motorola.
- 01 cámara fotográfica digital marca Panasonic
- Trípodes, wincha, cargadores, pintura en spray, cemento, etc.

### b) Trabajos de Gabinete

Una vez terminado el trabajo de campo se procesaron los datos para obtener coordenadas rectangulares UTM a través del software propio de la estación total, que los envía a una hoja de cálculo editable compatible con cualquier software para dibujo topográfico. Esta Información se procesó en el Software CivilCad.

## 5.2.3. POBLACIÓN DE DISEÑO

### 5.2.3.1. DATOS CENSALES

Para determinar la población actual se hizo un conteo de lotes in situ encontrándose una población promedio de 3.88 habitantes por vivienda:

- No. De lotes : 176 unidades
- Densidad Poblacional : 3.88 hab/lote
- Población actual : 683 hab

Para proyectar a futuro esta población se tomará las proyecciones de población del distrito de Cabana, elaboradas por el INEI, con las cuales se puede estimar la tasa de crecimiento que se va a aplicar a la población del Centro Poblado de Sondondo. Para el período de proyección, se considerará 20 años de vida útil del proyecto más dos (02) años para el período de formulación y ejecución, luego, se proyectará el crecimiento poblacional al año 2041.

**Tabla 22**  
*Datos censales de la población*

Año	Distrital (hab.)	Provincial (hab.)	Departamental (hab.)
2000	2.310	62.309	571.739
2001	2.421	62.663	578.465
2002	2.541	63.123	586.290
2003	2.667	63.637	594.733
2004	2.799	64.151	603.311
2005	2.934	64.614	611.542
2006	3.072	65.030	619.437
2007	3.213	65.429	627.317
2008	3.359	65.813	635.167
2009	3.509	66.180	642.972
2010	3.662	66.528	650.718
2011	3.821	66.857	658.400
2012	3.982	67.167	666.029
2013	4.148	67.462	673.609
2014	4.316	67.739	681.149
2015	4.489	68.003	688.657

Fuente: INEI

Tomando la población del distrito, la razón de crecimiento es:

**Tabla 23***Cálculo de la tasa de crecimiento método de interés simple*

No.	Año	Población (hab)	$P_i (t_{i+1}-t_i)$ (hab)	$t_{i+1}-t_i$ (años)	$P_{i+1}-P_i$	$r_i$
1	2000	2,310	-	-	-	-
2	2001	2,421	111	1	2,310	0.0481
3	2002	2,541	120	1	2,421	0.0496
4	2003	2,667	126	1	2,541	0.0496
5	2004	2,799	132	1	2,667	0.0495
6	2005	2,934	135	1	2,799	0.0482
7	2006	3,072	138	1	2,934	0.0470
8	2007	3,213	141	1	3,072	0.0459
9	2008	3,359	146	1	3,213	0.0454
10	2009	3,509	150	1	3,359	0.0447
11	2010	3,662	153	1	3,509	0.0436
12	2011	3,821	159	1	3,662	0.0434
13	2012	3,982	161	1	3,821	0.0421
14	2013	4,148	166	1	3,982	0.0417
15	2014	4,316	168	1	4,148	0.0405
16	2015	4,489	173	1	4,316	0.0401
					$\sum r_i =$	0.6794
					$r =$	0.0453

$$r = 4.5293\%$$

### 5.2.3.2. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN DE DISEÑO

La “Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural” del MVCS recomienda usar el **Método de Crecimiento Aritmético** que mejor se ajusta al crecimiento de poblaciones menores a 2,000 habitantes, aplicando la siguiente expresión:

$$P_f = P_o \left( 1 + \frac{r \times t}{100} \right)$$

Dónde:

$P_f$  = Población futura

$t$  = Periodo de diseño en años

$P_o$  = Población actual

$r$  = Tasa de crecimiento poblacional en %

Luego aplicamos la tasa de crecimiento distrital de 4.5293%, tenemos:

$$P_f = 683 \times \left(1 + \frac{4.5293 \times 22}{100}\right) = 1,363.52 \cong 1,364 \text{ hab}$$

#### 5.2.4. CONSUMO

##### 5.2.4.1. DOTACIÓN

#### **Cálculo de la Dotación para el proyecto:**

##### Población:

Para la población futura (683 hab.), le corresponden 80 lt/hab/día, luego:

$$Q_{Pob} = 80 \text{ lt} \times 1364 \frac{\text{lt}}{\text{hab/día}} = 109,120 \text{ lt/día}$$

##### Centros Educativos:

Para las instituciones educativas se empleará una dotación de:

**Tabla 24**

*Dotación para servicios diversos*

Tipo de servicio	Dotación
Escuela Primaria	20lts/alumno/día
Escuela Secundaria	25lts/alumno/día
Consultorios Médicos	500lts/día
Riego de Áreas Verdes	2lts/m2/día

Fuente: RNE

##### Centros de Salud:

$$Q_{PS} = 500 \text{ lt/día}$$

Resumiendo, la dotación total para el sistema:

**Tabla 25**

*Dotación total para el proyecto*

Tipo de Población	Población (hab)	Dotación		
		(lt/hab/día)	Q <sub>p</sub> (lt/día)	Q <sub>p</sub> (lt/seg)
De servicio	1.364	80	109.120	1,263
Escolar Inicial - Jardín	3	20	60	0,001
Escolar Primaria	10	20	200	0,002
Escolar Secundaria	12	25	300	0,003
Centro de Salud	1	500	500	0,006
<b>Total</b>		<b>Q<sub>p</sub> =</b>	<b>110.180</b>	<b>1,275</b>

#### 5.2.5. CAUDALES DE DISEÑO

##### 5.2.5.1. CAUDAL MÁXIMO DIARIO

$$Q_{md} (l/s) = 1.3 \times Q_p (l/s)$$

$$Q_{md} = 1.3 \times 1.275 = 1.66 \text{ lt/seg}$$

#### 5.2.5.2. CAUDAL MÁXIMO HORARIO

$$Q_{mh} (l/s) = 2.0 \times Q_p (l/s)$$

$$Q_{mh} = 2.0 \times 1.275 = 2.55 \text{ lt/seg}$$

#### 5.2.5.3. GASTOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DE ALCANTARILLADO

##### Caudal de contribución de alcantarillado:

El caudal de contribución que ingresa al alcantarillado, según la norma OS.070 del RNE, es el 80% del caudal de agua potable consumido, luego:

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

$$Q_D = 0.80 \times 2.55 = 2.04 \text{ lt/seg}$$

##### Caudal de contribución de Excretas:

Según la Norma OS.100 del RNE, se considera que la contribución de excretas es 0.20 kg/hab/día. Considerando un peso específico de la excreta  $\gamma_E=1,400 \text{ kg/m}^3$ , el volumen de contribución de excretas, expresado en lt/hab/día se determina por:

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

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

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

$$Q_{CE} = \frac{Q_E \times P_{equivalente}}{86,400} (\text{lt / seg})$$

#### Tabla 26

Dotación total con población equivalente para el proyecto

Tipo de Población	Población (hab)	Dotación		
		(lt/hab/día)	Q <sub>p</sub> (lt/día)	Q <sub>p</sub> (lt/seg)
De servicio	1.364	80	109.120	1,263
Escolar Inicial - Jardín	3	80	240	0,003
Escolar Primaria	5	80	400	0,005
Escolar Secundaria	4	80	320	0,004
Centro de Salud	1,25	80	100	0,001
Total	1.377,25	Q <sub>p</sub> =	110.180	1,275

Como se aprecia, la dotación total para el proyecto no ha variado. Luego:

$$Q_{CE} = \frac{Q_E \times P_{equivalente}}{86,400} (\text{lt/seg}) = \frac{0.143 \times 1,377.25}{86,400} = 0.0023 \text{ lt/seg}$$

### **Caudal de Infiltración en buzones por escorrentía de lluvias:**

Se recomienda:

$$Q_{CI} = 0.044 \frac{lt}{seg} /buzon$$

Habiéndose proyectado un total de 107 buzones se tiene:

$$Q_{CI} = 0.044 \times 107 = 4.708 \text{ lt/seg}$$

### **Caudal de diseño para la tubería emisora y PTAR:**

Luego, el caudal para el diseño de la tubería emisora será:

$$Q_E = Q_D + Q_{CE} + Q_{CI}$$

$$Q_{EMISOR} = 2.04 + 0.0023 + 4.708 = 6.75 \text{ lt/seg}$$

## **5.3. CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DEL PROYECTO**

### **5.3.1. CONEXIONES DOMICILIARIAS**

Están constituidas por una caja de albañilería o concreto simple, rectangular de 0.30 x 0.60 m de área por 0.50 m de profundidad, la cual se coloca en la vereda. Esta recibe los desagües de la vivienda y los deriva a la línea de servicio local o colector público.

La línea de acometida deberá tener una pendiente mínima de 15 por mil y en todos los casos es recomendable efectuar la unión de ésta con la tubería de servicio a través de un accesorio o codo, efectuando la perforación en la clave del tubo, garantizando de esta manera la entrada de las aguas residuales domiciliarias por la parte superior y manteniendo invariable la sección hidráulica.

### **5.3.2. REDES COLECTORAS**

**Red de Colectores y Emisor:** La red consiste en:

- 5,004.35 ml de tuberías PVC de 160 mm, NTP ISO 4435: 2005, con sistema de empalme a unión flexible.
- 107 buzones de concreto simple  $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ , de 1.20 m de diámetro, de altura variable  $H=1.00 \text{ m}$  y losa superior con tapa de concreto armado de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ .
- 486 conexiones domiciliarias compuestas de caja y tapa de registro de concreto simple  $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$ , de 0.75 x 45m, tubo de descarga de PVC 160mm, cachimba de PVC 160mm.

### 5.3.2.1. DISEÑO DE LA RED

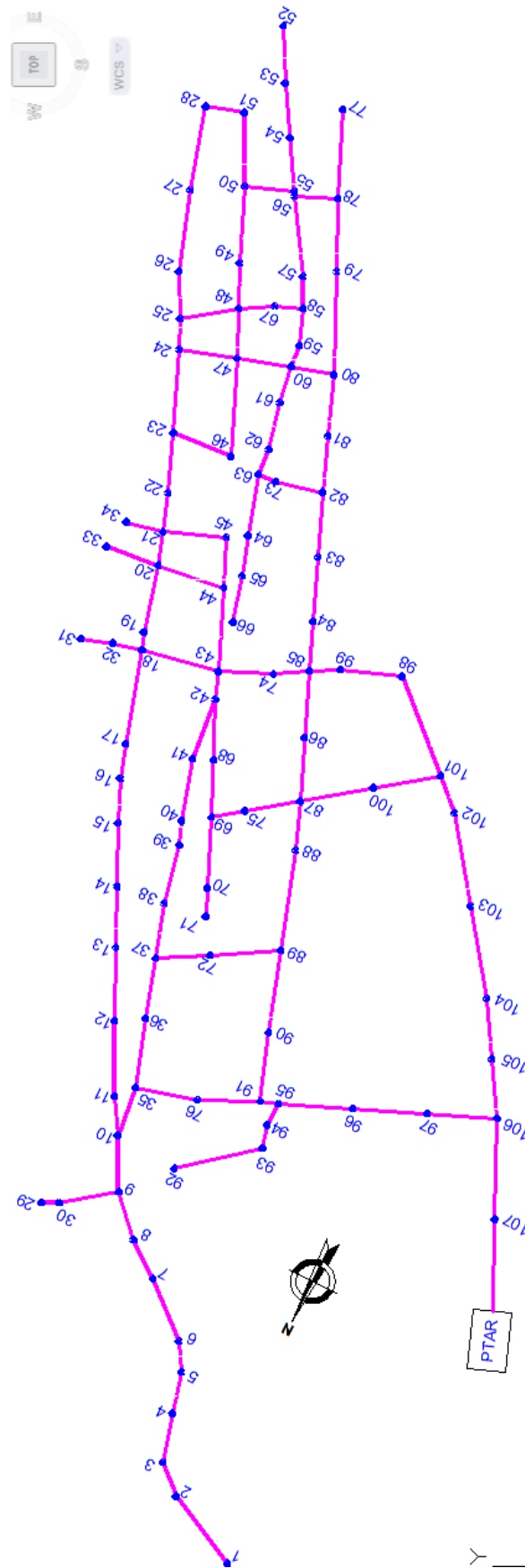
#### A) Redes

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 de Alcantarillado      160 mm
- Red Colectora                160 mm
- Emisor                         200 mm

Las longitudes y cotas se obtienen del plano. Si se utiliza el modelo numérico para cálculo de redes de alcantarillado SewerCad o SewerGEMS o una hoja de cálculo los resultados a obtener, de preferencia son:

- Caudales por tramos
- Cota de tapa y Cota de fondo
- Altura de las cámaras de inspección (buzones)
- Pendiente del tramo
- Caudal a tubo lleno
- Velocidad a tubo lleno
- Velocidad parcial
- Tirante



**Fig. 20:** Esquema de la red de alcantarillado

## B) Cálculo de la red de alcantarillado

Se asumen diámetros de 160 mm para la red local y colectoras y 200mm para la línea emisora, con tuberías PVC. El calcular el caudal unitario de la red se obtiene dividiendo el Caudal de diseño  $Q_D$ , entre la longitud total de la red ( $L_r$ ).

$$Q_u = \frac{Q_D}{L_r} = \frac{2.04}{5004.35} = 0.00004 \text{ lt/seg/ml}$$

Luego, preparando una hoja de cálculo en Excel, se puede determinar previamente los caudales por tramo (entre buzones). Las cotas de tapa de los buzones se obtienen de los planos de curvas de nivel. Las longitudes de cada tramo se obtienen del plano de la red.

**Tabla 27**

*Cálculos previos para entrar al programa SewerGEMS*

Tramo		Long. (m)	Caudal (l/seg) en el tramo	Cota de Tapa	
Del buzón	Al buzón			Aguas arriba	Aguas abajo
1	2	62,49	0,02500	3.041,65	3.038,68
2	3	26,73	0,01069	3.038,68	3.037,77
3	4	37,23	0,01489	3.037,77	3.036,16
4	5	31,30	0,01252	3.036,16	3.034,25
5	6	23,10	0,00924	3.034,25	3.031,45
6	7	49,90	0,01996	3.031,45	3.025,33
7	8	32,15	0,01286	3.025,33	3.023,91
8	9	37,35	0,01494	3.023,91	3.022,68
9	10	41,87	0,01675	3.022,68	3.022,16
10	11	29,12	0,01165	3.022,16	3.024,79
11	12	55,88	0,02235	3.024,79	3.025,70
12	13	54,64	0,02186	3.025,70	3.024,26
13	14	45,00	0,01800	3.024,26	3.020,70
14	15	47,42	0,01897	3.020,70	3.018,85
15	16	32,95	0,01318	3.018,85	3.017,21
16	17	25,93	0,01037	3.017,21	3.016,20
17	18	70,73	0,02830	3.016,20	3.016,22
18	19	13,18	0,00527	3.016,22	3.016,18
19	20	50,82	0,02033	3.016,18	3.017,47
20	21	25,04	0,01002	3.017,47	3.017,92
21	22	29,17	0,01167	3.017,92	3.017,23
22	23	44,75	0,01790	3.017,23	3.015,72
23	24	62,00	0,02480	3.015,72	3.018,54

Tramo		Long. (m)	Caudal (l/seg) en el tramo	Cota de Tapa	
Del buzón	Al buzón			Aguas arriba	Aguas abajo
24	25	22,88	0,00915	3.018,54	3.017,61
25	26	35,18	0,01407	3.017,61	3.018,08
26	27	61,05	0,02442	3.018,08	3.019,99
27	28	62,74	0,02510	3.019,99	3.020,94
29	30	12,83	0,00513	3.026,66	3.027,57
30	9	44,83	0,01793	3.027,57	3.022,68
31	32	24,21	0,00969	3.020,00	3.017,32
32	18	22,23	0,00889	3.017,32	3.016,22
33	20	40,42	0,01617	3.021,67	3.017,47
34	21	28,21	0,01129	3.021,66	3.017,92
35	10	38,07	0,01523	3.024,30	3.022,16
35	36	51,46	0,02059	3.024,30	3.023,00
36	37	45,48	0,01819	3.023,00	3.022,91
37	38	41,27	0,01651	3.022,91	3.018,85
38	39	44,59	0,01784	3.018,85	3.016,60
39	40	17,77	0,00711	3.016,60	3.015,72
40	41	47,23	0,01889	3.015,72	3.014,95
41	42	46,83	0,01873	3.014,95	3.013,47
42	43	20,87	0,00835	3.013,47	3.013,49
43	44	62,42	0,02497	3.013,49	3.014,65
44	45	37,37	0,01495	3.014,65	3.014,98
44	20	51,16	0,02047	3.014,65	3.017,47
45	21	47,10	0,01884	3.014,98	3.017,23
46	23	45,89	0,01836	3.013,00	3.015,72
46	47	73,04	0,02922	3.013,00	3.015,00
47	24	43,01	0,01721	3.015,00	3.018,54
47	48	36,94	0,01478	3.015,00	3.014,98
48	25	44,36	0,01775	3.014,98	3.017,61
48	49	33,50	0,01340	3.014,98	3.015,27
49	50	57,38	0,02295	3.015,27	3.018,95
50	51	54,44	0,02178	3.018,95	3.019,15
51	28	28,96	0,01159	3.019,15	3.020,94
52	53	42,71	0,01709	3.011,00	3.009,83
53	54	40,45	0,01618	3.009,83	3.008,26
54	55	40,00	0,01600	3.008,26	3.009,63
55	50	36,93	0,01477	3.009,63	3.018,95
55	56	3,58	0,00143	3.009,63	3.009,59
56	57	59,79	0,02392	3.009,59	3.009,17

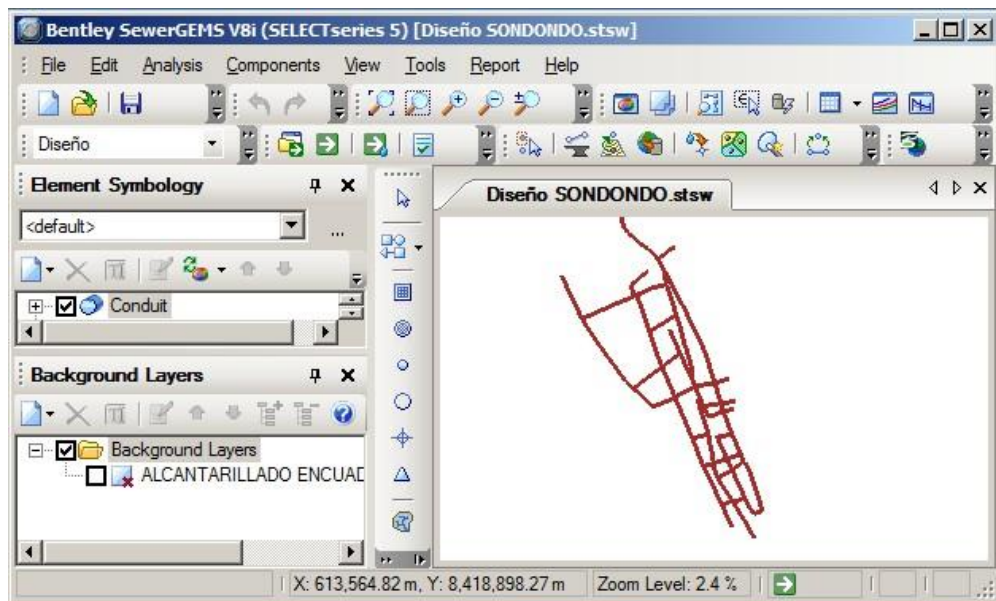
Tramo		Long. (m)	Caudal (l/seg) en el tramo	Cota de Tapa	
Del buzón	Al buzón			Aguas arriba	Aguas abajo
57	58	23,58	0,00943	3.009,17	3.011,00
58	67	20,97	0,00839	3.011,00	3.013,36
58	59	27,99	0,01120	3.011,00	3.011,39
59	60	13,10	0,00524	3.011,39	3.010,70
60	47	40,63	0,01625	3.010,70	3.015,00
60	61	28,28	0,01131	3.010,70	3.010,80
61	62	35,70	0,01428	3.010,80	3.011,16
62	63	20,18	0,00807	3.011,16	3.010,04
63	64	45,89	0,01836	3.010,04	3.012,46
64	65	30,38	0,01215	3.012,46	3.012,47
65	66	34,74	0,01390	3.012,47	3.012,94
67	48	26,53	0,01061	3.011,00	3.017,61
68	42	45,00	0,01800	3.014,00	3.013,47
68	69	42,32	0,01693	3.014,00	3.014,69
69	70	52,57	0,02103	3.014,69	3.015,88
70	71	21,16	0,00847	3.015,88	3.016,38
72	37	39,90	0,01596	3.016,86	3.022,91
72	89	52,57	0,02103	3.016,86	3.012,42
73	63	14,39	0,00576	3.005,93	3.010,04
73	82	35,19	0,01408	3.005,93	3.004,25
74	43	40,78	0,01631	3.005,81	3.014,65
74	85	26,55	0,01062	3.005,81	3.002,84
75	69	25,12	0,01005	3.013,41	3.014,69
75	87	41,39	0,01656	3.013,41	3.007,09
76	35	46,51	0,01861	3.020,33	3.024,30
77	78	66,49	0,02660	3.006,00	3.006,06
78	55	32,00	0,01280	3.006,06	3.009,63
78	79	53,88	0,02155	3.006,06	3.005,85
79	80	76,59	0,03064	3.005,85	3.007,38
80	60	32,19	0,01288	3.007,38	3.010,70
80	81	45,73	0,01829	3.007,38	3.004,97
81	82	41,92	0,01677	3.004,97	3.004,25
82	83	47,92	0,01917	3.004,25	3.002,96
83	84	48,11	0,01925	3.002,96	3.002,70
84	85	36,56	0,01463	3.002,70	3.002,84
85	86	50,00	0,02000	3.002,84	3.003,54
86	87	47,05	0,01882	3.003,54	3.007,09
87	88	36,47	0,01459	3.007,09	3.011,73

Tramo		Long. (m)	Caudal (l/seg) en el tramo	Cota de Tapa	
Del buzón	Al buzón			Aguas arriba	Aguas abajo
88	89	75,11	0,03005	3.011,73	3.012,42
89	90	61,55	0,02462	3.012,42	3.010,63
90	91	51,51	0,02061	3.010,63	3.008,96
91	76	46,65	0,01866	3.008,96	3.020,33
92	93	66,91	0,02677	3.019,55	3.012,68
93	94	17,56	0,00702	3.012,68	3.010,82
94	95	17,73	0,00709	3.010,82	3.006,89
95	91	13,61	0,00544	3.006,89	3.008,96
95	96	55,00	0,02200	3.006,89	3.001,67
96	97	55,00	0,02200	3.001,67	2.999,32
97	106	51,92	0,02077	2.999,32	2.997,15
98	99	45,85	0,01834	3.001,00	3.002,33
99	85	22,97	0,00919	3.002,33	3.002,84
100	87	55,00	0,02200	3.002,79	3.007,09
100	101	50,42	0,02017	3.002,79	3.000,98
101	98	78,91	0,03157	3.000,98	3.001,00
101	102	29,78	0,01191	3.000,98	3.001,00
102	103	70,00	0,02800	3.001,00	3.000,48
103	104	69,26	0,02771	3.000,48	2.998,92
104	105	45,00	0,01800	2.998,92	2.997,43
105	106	44,29	0,01772	2.997,43	2.997,15
106	107	75,00	0,03000	2.997,15	2.995,85
107	PTAR	68,00	0,02720	2.995,85	2.994,65

Estos datos se ingresan al software SEWERGEMS, junto con los rangos permisibles de velocidad y pendiente según las normas.

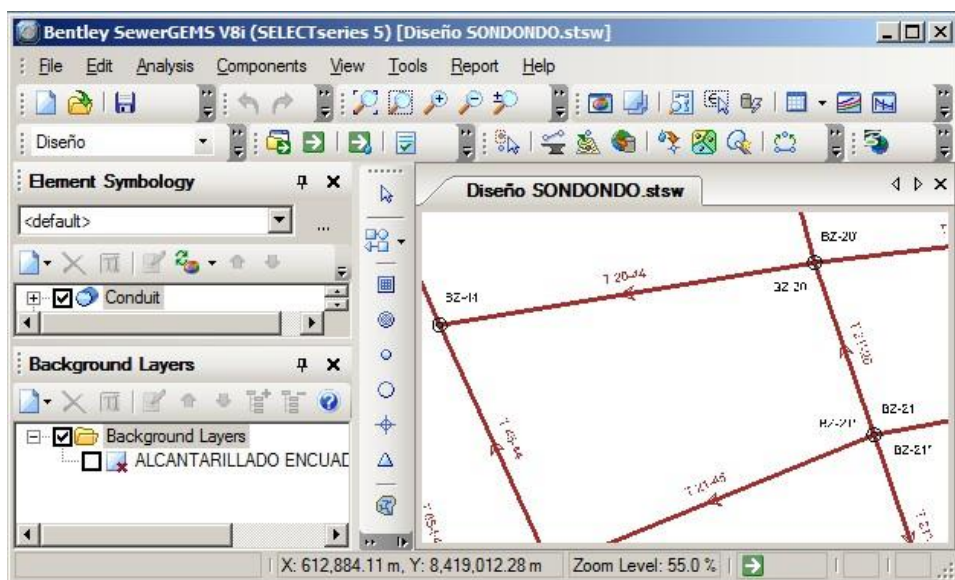
### 5.3.3. MODELO NUMÉRICO SEWERGEMS V8I

Desde el AutoCAD la red en planta se exporta al SewerGEMS como archivo DXF, respetando la escala, coordenadas reales de cada punto y longitudes:



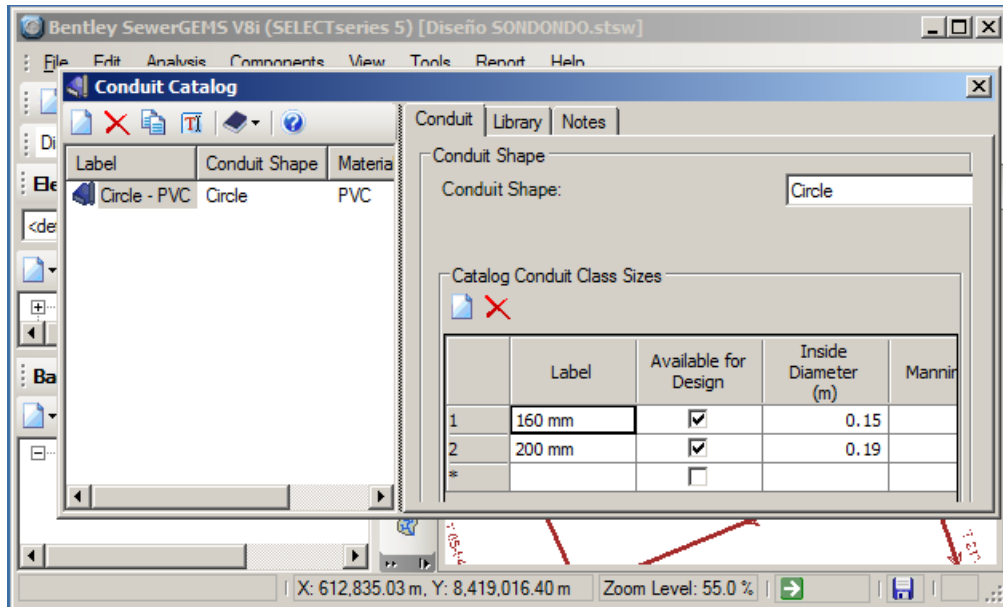
**Fig. 21:** Ingreso a SewerGEMS. Sus herramientas similares al AutoCad permiten hacer acercamientos o alejamientos, desplazamientos de pantalla a alguna zona del dibujo, ajustar el dibujo de la red al tamaño de laventana, etc.

Herramientas similares al AutoCAD permiten acercarse, alejarse desplazar pantalla, ajustar el dibujo de la red al tamaño de la ventana, etc.



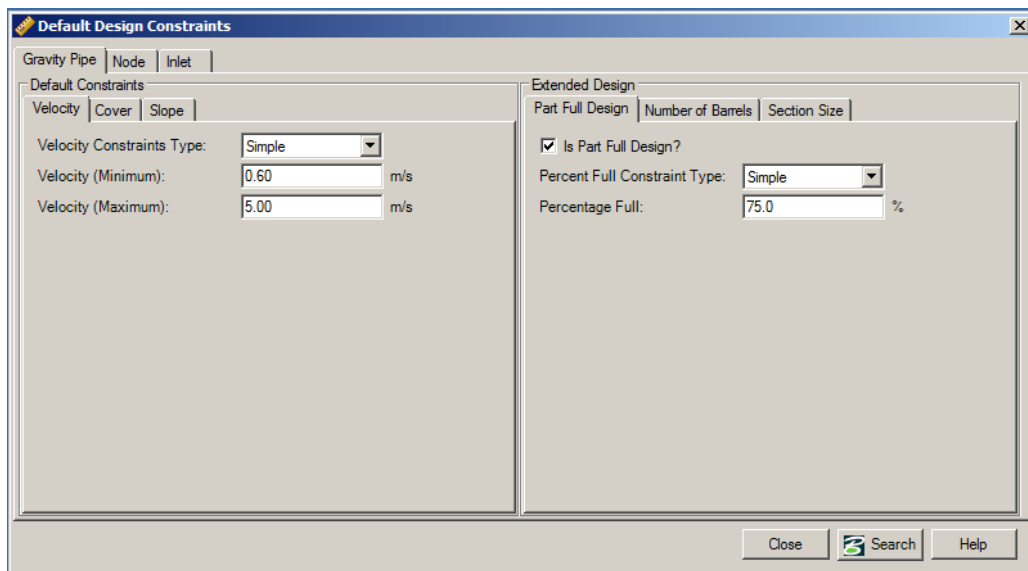
**Fig. 22:** Ingreso a SewerGEMS.

El software tiene un catálogo para elegir diferentes materiales para tuberías y ofrece la facilidad de ingresar los diámetros con los que se quiere trabajar.

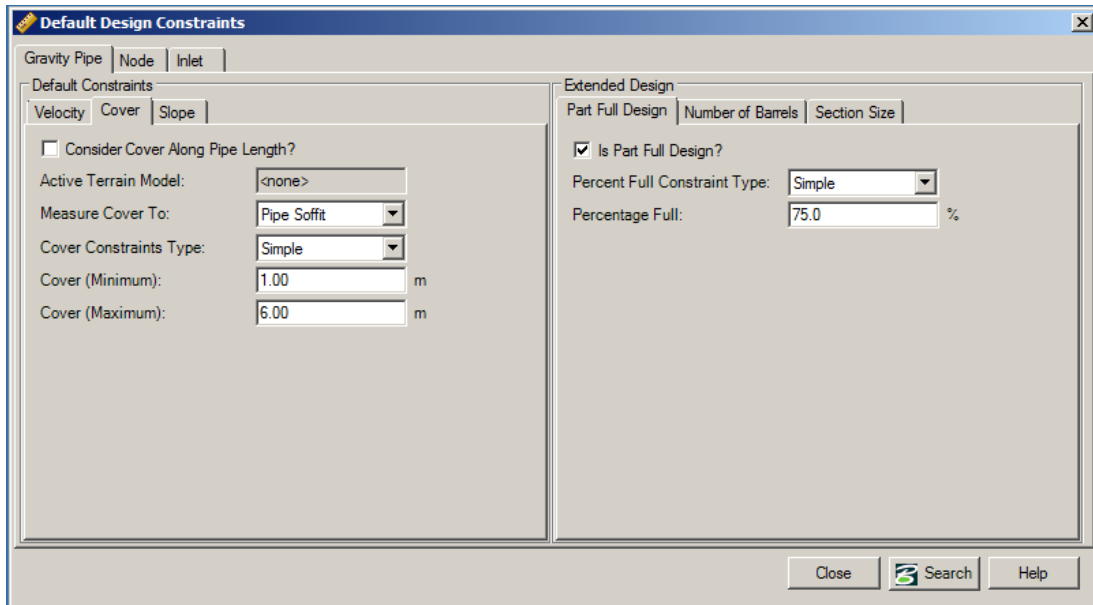


**Fig. 23:** Ingreso de diámetros y material de tuberías. el software tiene un catálogo para elegir diferentes materiales para tuberías y ofrece la facilidad de ingresar los diámetros con los que se quiere trabajar.

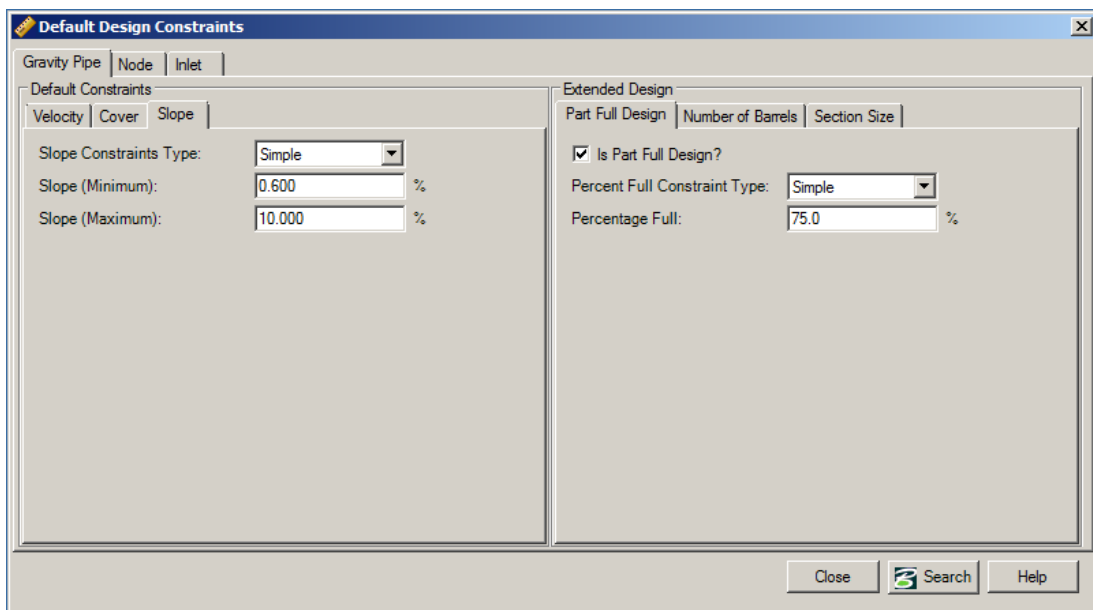
Hay una ventana de diálogo para ingresar los parámetros establecidos por las normas peruanas, como límites permisibles de velocidad.



**Fig. 24:** Ingreso de parámetros y restricciones. hay una ventana de diálogo para ingresar los parámetros establecidos por las normas peruanas, como límites permisibles de velocidad.

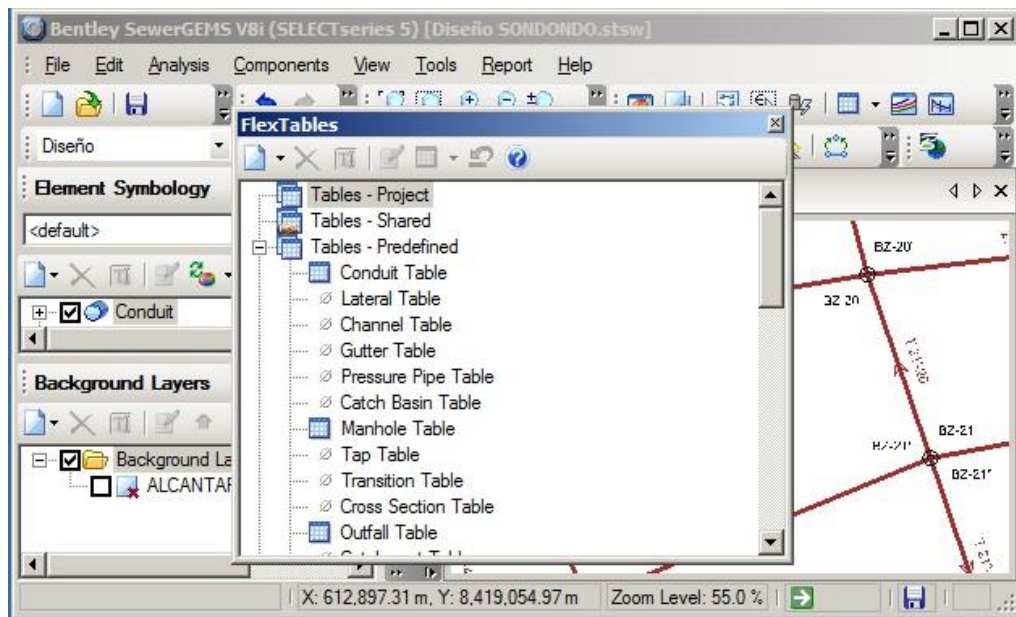


**Fig. 25:** Coberturas máximas y mínimas para las tuberías de la red



**Fig. 26:** Pendientes máximas y mínimas permisibles según normas

Mediante la herramienta Flex Tables, se generan tablas de resultados de diversa índole.

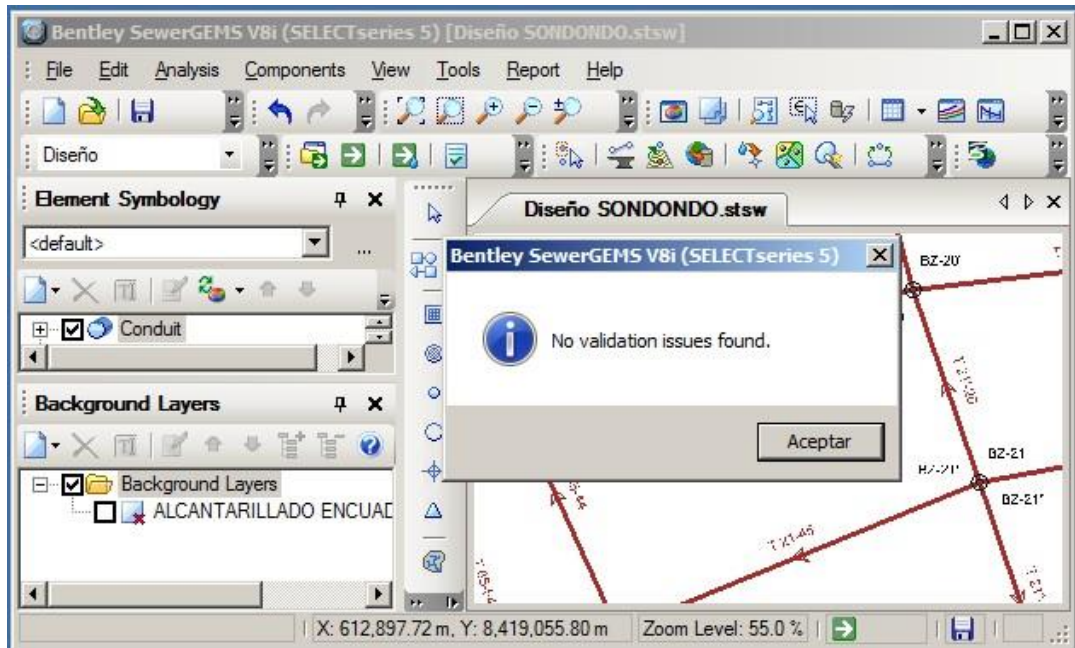


**Fig. 27:** Mediante la herramienta Flex Tables, se pueden generar tablas de resultados de diversa índole.

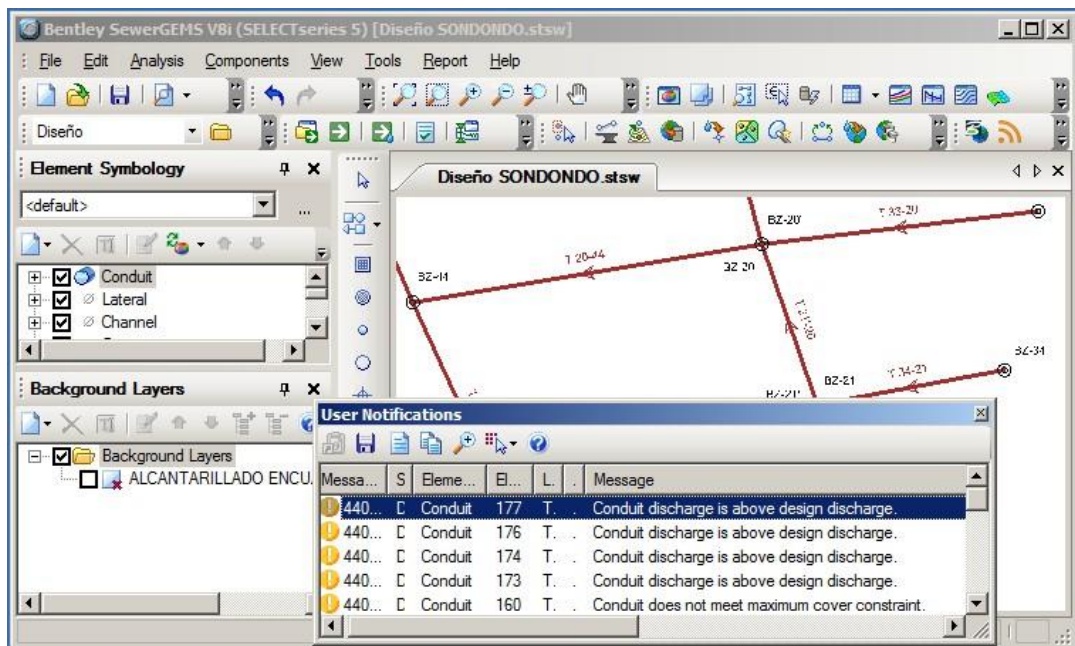
Se ingresan datos de la red y se elige el algoritmo de cálculo (Darcy, Manning o Hazzen-Williams). El caudal para el buzón de entrada por norma debe ser mínimo 1.50 lt/seg, luego el programa valida la información ingresada para buscar si falta algún dato.

	Start Node	Invert (Start) (m)	Stop Node	Invert (Stop) (m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Slope (Calculated) (%)	Diameter (m)	Mar
99: T 1-2	BZ-1	3,040.50	BZ-2	3,037.53	<input checked="" type="checkbox"/>	62.49	4.753	0.15	C
100: T 2-3	BZ-2	3,037.53	BZ-3	3,036.62	<input checked="" type="checkbox"/>	26.76	3.401	0.15	C
101: T 3-4	BZ-3	3,036.62	BZ-4	3,035.01	<input checked="" type="checkbox"/>	37.23	4.324	0.15	C
102: T 4-5	BZ-4	3,035.01	BZ-5	3,032.61	<input checked="" type="checkbox"/>	31.30	7.668	0.15	C
103: T 5-6	BZ-5	3,032.61	BZ-6	3,030.30	<input checked="" type="checkbox"/>	23.10	10.000	0.15	C
104: T 6-7	BZ-6	3,029.17	BZ-7	3,024.18	<input checked="" type="checkbox"/>	49.90	10.000	0.15	C
105: T 7-8	BZ-7	3,024.18	BZ-8	3,022.76	<input checked="" type="checkbox"/>	32.15	4.417	0.15	C
106: T 8-9	BZ-8	3,022.76	BZ-9	3,021.53	<input checked="" type="checkbox"/>	37.35	3.293	0.15	C
107: T 29-30	BZ-29	3,025.51	BZ-30	3,025.43	<input checked="" type="checkbox"/>	12.83	0.600	0.15	C
108: T 30-9	BZ-30	3,025.43	BZ-9	3,021.53	<input checked="" type="checkbox"/>	44.83	8.706	0.15	C

**Fig. 28:** Aquí se aprecia una de las utilidades del programa, donde muestra un cuadro de resultados de la red de tuberías.

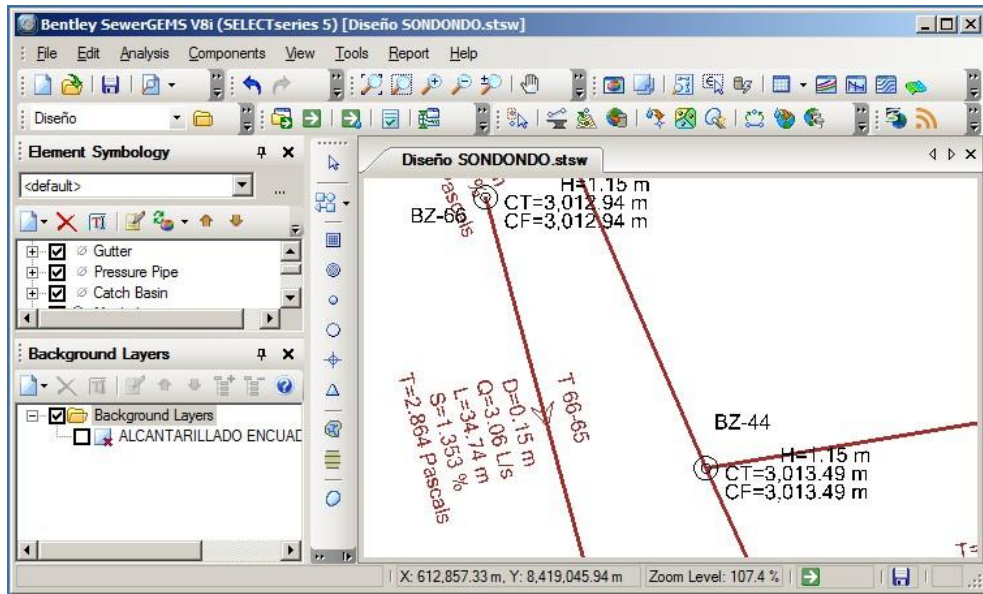


**Fig. 29:** Validación de datos y procesamiento de diseño. se ingresan datos de la red y se elige el algoritmo de cálculo (Darcy, Manning o Hazen-Williams). el caudal para el buzón de entrada por norma debe ser mínimo 1.50 lt/seg, luego el programa valida la información ingresada para buscar si falta algún dato.



**Fig. 30:** A continuación, se corre el programa. Si existen problemas mostrará una ventana de advertencias donde podremos apreciar cual es el problema y donde se ubica.

Corregidos los errores se podrá visualizar el sentido del flujo, los datos de interés en la red (gráficamente) y en forma tabular (Flex Tables) los resultados finales.



**Fig. 31:** Red procesada

Los resultados finales se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 28**  
*Resultados de la red de alcantarillado*

Tramo	Nudo inicio	Cota inicio (msnm)	Nudo final	Cota final (msnm)	Long. (m)	Pend. (%)	Diám. (m)	Veloc. (m/seg)	Caudal (l/seg)	Tensión tractiva (Pascals)
T 1-2	BZ-1	3,040.50	BZ-2	3,037.53	62.49	4.75	0.150	1.41	45.98	7.64
T 2-3	BZ-2	3,037.53	BZ-3	3,036.62	26.76	3.40	0.150	1.26	38.89	5.92
T 3-4	BZ-3	3,036.62	BZ-4	3,035.01	37.23	4.32	0.150	1.37	43.86	7.24
T 4-5	BZ-4	3,035.01	BZ-5	3,032.61	31.30	7.67	0.150	1.70	58.40	11.44
T 5-6	BZ-5	3,032.61	BZ-6	3,030.30	23.10	10.00	0.150	1.89	66.69	14.31
T 6-7	BZ-6	3,029.17	BZ-7	3,024.18	49.90	10.00	0.150	1.91	66.69	14.58
T 7-8	BZ-7	3,024.18	BZ-8	3,022.76	32.15	4.42	0.150	1.45	44.32	7.90
T 8-9	BZ-8	3,022.76	BZ-9	3,021.53	37.35	3.29	0.150	1.33	38.27	6.43
T 29-30	BZ-29	3,025.51	BZ-30	3,025.43	12.83	0.60	0.150	0.67	16.34	1.52
T 30-9	BZ-30	3,025.43	BZ-9	3,021.53	44.83	8.71	0.150	1.74	62.23	12.25
T 12'-13	BZ-12'	3,024.55	BZ-13	3,023.11	54.64	2.64	0.150	0.93	34.24	3.51
T 13-14	BZ-13	3,023.11	BZ-14	3,019.55	45.00	7.91	0.150	1.37	59.32	8.36
T 14-15	BZ-14	3,019.55	BZ-15	3,017.70	47.42	3.90	0.150	1.09	41.66	4.94
T 15-16	BZ-15	3,017.70	BZ-16	3,016.06	32.95	4.98	0.150	1.21	47.05	6.16
T 16-17	BZ-16	3,016.06	BZ-17	3,015.05	25.93	3.90	0.150	1.13	41.62	5.30
T 17-18	BZ-17	3,015.05	BZ-18	3,014.62	70.73	0.60	0.150	0.60	16.34	1.28
T 12-11	BZ-12	3,024.55	BZ-11	3,023.64	55.88	1.63	0.150	0.96	26.91	3.32
T 11-10	BZ-11	3,023.64	BZ-10	3,021.01	29.12	9.03	0.150	1.77	63.38	12.67
T 31-32	BZ-31	3,018.59	BZ-32	3,016.17	24.21	10.00	0.150	1.82	66.69	13.65
T 32-18	BZ-32	3,016.17	BZ-18	3,014.62	22.23	6.95	0.150	1.61	55.59	10.30
T 20'-19	BZ-20'	3,016.32	BZ-19	3,015.03	50.82	2.54	0.150	0.92	33.60	3.41
T 19-18	BZ-19	3,015.03	BZ-18	3,014.62	13.18	3.07	0.150	0.99	36.94	4.00

Tramo	Nudo inicio	Cota inicio (msnm)	Nudo final	Cota final (msnm)	Long. (m)	Pend. (%)	Diám. (m)	Veloc. (m/seg)	Caudal (l/seg)	Tensión tractiva (Pascals)
T 21'-20	BZ-21'	3,016.77	BZ-20	3,016.32	25.04	1.80	0.150	0.81	28.27	2.61
T 33-20	BZ-33	3,020.39	BZ-20	3,016.32	40.72	10.00	0.150	1.82	66.69	13.65
T 20-44	BZ-20	3,016.32	BZ-44	3,012.34	51.16	7.78	0.150	1.89	58.83	13.44
T 34-21	BZ-34	3,019.59	BZ-21	3,016.77	28.21	10.00	0.150	1.82	66.69	13.65
T 21-45	BZ-21	3,016.77	BZ-45	3,013.50	47.10	6.94	0.150	1.61	55.57	10.30
T 45-44	BZ-45	3,013.50	BZ-44	3,012.34	37.37	3.10	0.150	1.22	37.16	5.56
T 21"-22	BZ-21"	3,016.77	BZ-22	3,016.08	29.17	2.37	0.150	0.89	32.44	3.24
T 22-23	BZ-22	3,016.08	BZ-23	3,014.57	44.75	3.37	0.150	1.01	38.74	4.29
T 24'-23	BZ-24'	3,017.39	BZ-23	3,014.57	62.00	4.55	0.150	1.12	44.98	5.37
T 23-46	BZ-23	3,014.57	BZ-46	3,011.85	45.89	5.93	0.150	1.53	51.35	9.17
T 46-47	BZ-46	3,011.85	BZ-47	3,011.41	73.04	0.60	0.150	0.69	16.34	1.56
T 24-47	BZ-24	3,017.39	BZ-47	3,013.85	43.01	8.23	0.150	1.71	60.51	11.71
T 47-60	BZ-47	3,011.41	BZ-60	3,009.45	40.63	4.83	0.150	1.88	46.36	11.84
T 52-53	BZ-52	3,009.85	BZ-53	3,008.68	42.71	2.74	0.150	1.16	34.91	4.98
T 53-54	BZ-53	3,008.68	BZ-54	3,007.11	40.45	3.88	0.150	1.32	41.55	6.55
T 54-55	BZ-54	3,007.11	BZ-55	3,006.87	40.00	0.60	0.150	0.68	16.34	1.54
T 55-56	BZ-55	3,006.87	BZ-56	3,006.84	3.58	0.60	0.150	0.77	16.34	1.85
T 28-27	BZ-28	3,019.79	BZ-27	3,018.84	62.74	1.51	0.150	0.94	25.95	3.13
T 27-26	BZ-27	3,018.84	BZ-26	3,016.93	61.05	3.13	0.150	1.22	37.31	5.57
T 26-25	BZ-26	3,016.93	BZ-25	3,016.46	35.18	1.34	0.150	0.91	24.38	2.90
T 24"-25	BZ-24"	3,017.39	BZ-25	3,016.46	22.88	4.07	0.150	1.08	42.52	4.92
T 28'-51	BZ-28'	3,019.79	BZ-51	3,018.00	28.96	6.18	0.150	1.25	52.43	6.82
T 51-50	BZ-51	3,018.00	BZ-50	3,017.58	54.44	0.77	0.150	0.60	18.44	1.36
T 50-55	BZ-50	3,012.17	BZ-55	3,008.48	36.93	10.00	0.150	1.50	66.69	10.16
T 56-78	BZ-56	3,006.84	BZ-78	3,004.45	32.00	7.49	0.150	2.60	57.73	21.46
T 77-78	BZ-77	3,004.85	BZ-78	3,004.45	66.49	0.60	0.150	0.67	16.34	1.52
T 78-79	BZ-78	3,004.45	BZ-79	3,004.12	53.88	0.60	0.190	1.08	28.97	3.05
T 79-80	BZ-79	3,004.12	BZ-80	3,003.66	76.59	0.60	0.190	0.67	28.97	3.09
T 80-81	BZ-80	3,003.66	BZ-81	3,003.39	45.73	0.60	0.190	1.11	28.97	2.80
T 81-82	BZ-81	3,003.39	BZ-82	3,003.06	41.92	0.79	0.190	1.15	33.21	4.48
T 82-83	BZ-82	3,003.06	BZ-83	3,001.77	47.92	2.69	0.190	1.38	61.36	13.72
T 83-84	BZ-83	3,001.77	BZ-84	3,001.48	48.11	0.60	0.190	1.43	28.97	2.80
T 84-85	BZ-84	3,001.48	BZ-85	3,001.26	36.56	0.60	0.190	1.48	28.97	2.80
T 48'-47	BZ-48'	3,013.83	BZ-47	3,011.41	36.94	6.55	0.150	1.27	53.96	7.13
T 50'-49	BZ-50'	3,017.80	BZ-49	3,014.12	57.38	6.41	0.150	1.26	53.41	7.01
T 49-48	BZ-49	3,014.12	BZ-48	3,011.09	33.50	9.04	0.150	1.44	63.40	9.27
T 25-48	BZ-25	3,016.46	BZ-48	3,013.83	44.36	5.93	0.150	1.74	51.35	11.13
T 48-67	BZ-48	3,011.09	BZ-67	3,008.44	26.53	10.00	0.150	2.30	66.69	19.23
T 60'-61	BZ-60'	3,009.55	BZ-61	3,009.33	28.28	0.76	0.150	0.60	18.42	1.34
T 61-62	BZ-61	3,009.33	BZ-62	3,009.06	35.70	0.77	0.150	0.60	18.45	1.36
T 62-63	BZ-62	3,009.06	BZ-63	3,008.89	20.18	0.85	0.150	0.63	19.43	1.49
T 60-80	BZ-60	3,009.45	BZ-80	3,006.23	32.19	10.00	0.150	2.70	66.69	24.33
T 67-58	BZ-67	3,008.44	BZ-58	3,008.31	20.97	0.60	0.150	0.85	16.34	2.12
T 59-60	BZ-59	3,010.24	BZ-60	3,009.45	16.32	4.85	0.150	1.42	46.43	7.76

Tramo	Nudo inicio	Cota inicio (msnm)	Nudo final	Cota final (msnm)	Long. (m)	Pend. (%)	Diám. (m)	Veloc. (m/seg)	Caudal (l/seg)	Tensión tractiva (Pascals)
T 59'-58	BZ-59'	3,010.24	BZ-58	3,008.31	27.99	6.88	0.150	1.29	55.32	7.41
T 58-57	BZ-58	3,008.31	BZ-57	3,008.02	23.58	1.25	0.150	1.18	23.56	4.18
T 57-56	BZ-57	3,008.02	BZ-56	3,006.84	59.79	1.96	0.150	1.40	29.52	6.09
T 66-65	BZ-66	3,011.79	BZ-65	3,011.32	34.74	1.35	0.150	0.90	24.53	2.86
T 65-64	BZ-65	3,011.32	BZ-64	3,011.13	30.38	0.60	0.150	0.68	16.34	1.52
T 64-63	BZ-64	3,011.13	BZ-63	3,008.89	45.89	4.90	0.150	1.43	46.68	7.91
T 63-73	BZ-63	3,006.22	BZ-73	3,004.78	14.39	10.00	0.150	2.09	66.69	16.79
T 73-82	BZ-73	3,004.78	BZ-82	3,003.06	35.19	4.88	0.150	1.64	46.58	9.72
T 44-43	BZ-44	3,012.34	BZ-43	3,008.73	62.42	5.77	0.150	1.99	50.66	13.51
T 18-43	BZ-18	3,014.62	BZ-43	3,012.32	58.51	3.94	0.150	1.68	41.87	9.46
T 10-35	BZ-10	3,021.01	BZ-35	3,020.78	38.07	0.60	0.150	0.94	16.34	2.50
T 37-36	BZ-37	3,021.85	BZ-36	3,021.57	45.48	0.60	0.150	0.67	16.34	1.52
T 36-35	BZ-36	3,021.57	BZ-35	3,020.78	51.46	1.55	0.150	0.95	26.22	3.20
T 37'-38	BZ-37'	3,021.85	BZ-38	3,021.53	41.27	0.76	0.150	0.60	18.42	1.34
T 38-39	BZ-38	3,021.53	BZ-39	3,017.22	44.59	9.66	0.150	1.47	65.56	9.73
T 39-40	BZ-39	3,017.22	BZ-40	3,015.45	17.77	10.00	0.150	1.51	66.69	10.19
T 40-41	BZ-40	3,015.45	BZ-41	3,014.57	47.23	1.86	0.150	0.85	28.79	2.83
T 41-42	BZ-41	3,014.57	BZ-42	3,012.50	46.83	4.40	0.150	1.17	44.25	5.71
T 42-43	BZ-42	3,012.50	BZ-43	3,012.32	20.87	0.90	0.150	0.81	20.04	2.19
T 43-74	BZ-43	3,008.73	BZ-74	3,004.66	40.78	10.00	0.150	3.11	66.69	30.21
T 74-85	BZ-74	3,004.34	BZ-85	3,001.69	26.55	10.00	0.150	3.15	66.69	30.80
T 85-99	BZ-85	3,001.26	BZ-99	3,001.12	22.97	0.60	0.190	2.32	28.97	2.80
T 99-98	BZ-99	3,001.12	BZ-98	2,999.81	45.85	2.87	0.190	2.41	63.31	13.37
T 98-101	BZ-98	2,999.81	BZ-101	2,999.34	78.91	0.60	0.190	2.50	28.97	2.80
T 87'-86	BZ-87'	3,005.94	BZ-86	3,002.39	47.05	7.55	0.150	1.34	57.93	7.95
T 86-85	BZ-86	3,002.39	BZ-85	3,001.26	50.00	2.25	0.150	0.08	31.63	3.15
T 69'-68	BZ-69'	3,013.54	BZ-68	3,012.85	42.32	1.63	0.150	0.78	26.93	2.42
T 68-42	BZ-68	3,012.85	BZ-42	3,012.50	45.00	0.76	0.150	0.60	18.37	1.35
T 71-70	BZ-71	3,015.23	BZ-70	3,014.73	21.16	2.36	0.150	1.10	32.42	4.43
T 70-69	BZ-70	3,014.73	BZ-69	3,013.54	52.57	2.26	0.150	1.09	31.73	4.30
T 69-75	BZ-69	3,013.54	BZ-75	3,012.26	25.12	5.10	0.150	1.45	47.61	8.15
T 75-87	BZ-75	3,010.08	BZ-87	3,005.94	41.39	10.00	0.150	1.86	66.69	13.93
T 87-100	BZ-87	3,005.94	BZ-100	3,001.64	55.00	7.82	0.150	1.93	58.97	13.98
T 100-101	BZ-100	3,001.64	BZ-101	2,999.34	50.42	4.56	0.150	1.63	45.05	9.36
T 92-93	BZ-92	3,018.22	BZ-93	3,011.53	66.91	10.00	0.150	1.82	66.69	13.65
T 93-94	BZ-93	3,011.42	BZ-94	3,009.67	17.56	10.00	0.150	1.83	66.69	13.75
T 94-95	BZ-94	3,007.51	BZ-95	3,005.74	17.73	10.00	0.150	1.85	66.69	13.87
T 35-76	BZ-35	3,020.78	BZ-76	3,019.18	46.51	3.44	0.150	1.95	39.14	11.51
T 76-91	BZ-76	3,012.47	BZ-91	3,007.81	46.65	10.00	0.150	2.91	66.69	27.22
T 91-95	BZ-91	3,007.10	BZ-95	3,005.74	13.61	10.00	0.150	3.02	66.69	29.08
T 95-96	BZ-95	3,005.74	BZ-96	3,000.52	55.00	9.49	0.150	3.15	64.98	30.32
T 96-97	BZ-96	3,000.52	BZ-97	2,998.17	55.00	4.27	0.150	2.37	43.60	16.22
T 97-106	BZ-97	2,998.17	BZ-106	2,995.96	51.92	4.25	0.150	2.39	43.48	16.40
T 106-107	BZ-106	2,995.96	BZ-107	2,994.66	75.00	1.73	0.190	4.16	49.23	8.09
T 107-O1	BZ-107	2,994.66	O-1	2,993.46	68.00	1.77	0.190	4.30	49.68	8.23
T 101-102	BZ-101	2,999.34	BZ-102	2,999.16	29.78	0.60	0.190	2.78	28.97	2.80

Tramo	Nudo inicio	Cota inicio (msnm)	Nudo final	Cota final (msnm)	Long. (m)	Pend. (%)	Diám. (m)	Veloc. (m/seg)	Caudal (l/seg)	Tensión tractiva (Pascals)
T 102-103	BZ-102	2,999.16	BZ-103	2,998.74	70.00	0.60	0.190	2.89	28.97	2.80
T 103-104	BZ-103	2,998.74	BZ-104	2,997.73	69.26	1.46	0.190	2.99	45.11	6.79
T 104-105	BZ-104	2,997.73	BZ-105	2,996.24	45.00	3.31	0.190	3.10	68.05	15.45
T 105-106	BZ-105	2,996.24	BZ-106	2,995.96	44.29	0.63	0.190	3.20	29.73	2.95
T 37"-72	BZ-37"	3,019.70	BZ-72	3,015.71	39.90	10.00	0.150	1.48	66.69	9.89
T 72-89	BZ-72	3,015.71	BZ-89	3,011.27	52.57	8.45	0.150	1.40	61.29	8.76
T 89-90	BZ-89	3,011.27	BZ-90	3,009.48	61.55	2.91	0.150	0.98	35.97	3.90
T 90-91	BZ-90	3,009.48	BZ-91	3,007.10	51.51	4.62	0.150	1.18	45.33	5.80
T 89'-88	BZ-89'	3,011.27	BZ-88	3,009.58	75.11	2.24	0.150	0.87	31.57	3.10
T 88-87	BZ-88	3,009.58	BZ-87	3,005.94	36.47	10.00	0.150	1.49	66.69	10.07
T 9-10	BZ-9	3,021.53	BZ-10	3,021.01	41.87	1.24	0.150	1.12	23.50	3.88

**Tabla 29**

*Resultados de diseño de los buzones*

Id Buzón	Cota de tapa (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Flujo de entrada (l/seg)	Flujo de salida (l/seg)
BZ-1	3.041,65	3.040,50	0,00	3,06
BZ-2	3.038,68	3.037,53	3,06	3,11
BZ-3	3.037,77	3.036,62	3,11	3,18
BZ-4	3.036,16	3.035,01	3,18	3,28
BZ-5	3.034,25	3.032,61	3,28	3,41
BZ-6	3.031,45	3.029,17	3,41	3,56
BZ-7	3.025,33	3.024,18	3,56	3,74
BZ-8	3.023,91	3.022,76	3,74	3,96
BZ-9	3.022,68	3.021,53	7,03	7,32
BZ-10	3.022,16	3.021,01	10,42	10,81
BZ-11	3.024,79	3.023,64	3,06	3,11
BZ-12	3.025,70	3.024,55	0,00	3,06
BZ-13	3.024,26	3.023,11	1,50	1,54
BZ-14	3.020,70	3.019,55	1,54	1,62
BZ-15	3.018,85	3.017,70	1,62	1,74
BZ-16	3.017,21	3.016,06	1,74	1,89
BZ-17	3.016,20	3.015,05	1,89	2,06
BZ-18	3.016,22	3.014,62	6,68	6,99
BZ-19	3.016,18	3.015,03	1,50	1,54
BZ-20'	3.017,47	3.016,32	0,00	1,50
BZ-21'	3.017,92	3.016,77	0,00	1,50
BZ-22	3.017,23	3.016,08	1,50	1,52
BZ-23	3.015,72	3.014,57	3,02	3,13
BZ-24	3.018,54	3.017,39	0,00	3,06

Id Buzón	Cota de tapa (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Flujo de entrada (l/seg)	Flujo de salida (l/seg)
BZ-25	3.017,61	3.016,46	4,71	4,86
BZ-26	3.018,08	3.016,93	3,11	3,21
BZ-27	3.019,99	3.018,84	3,06	3,11
BZ-28	3.020,94	3.019,79	0,00	3,06
BZ-29	3.026,66	3.025,51	0,00	3,06
BZ-30	3.027,57	3.025,43	3,06	3,07
BZ-31	3.020,00	3.018,59	0,00	3,06
BZ-32	3.017,32	3.016,17	3,06	3,08
BZ-33	3.021,67	3.020,39	0,00	3,06
BZ-34	3.021,66	3.019,59	0,00	3,06
BZ-35	3.024,30	3.020,78	13,91	14,41
BZ-36	3.024,30	3.021,57	3,06	3,10
BZ-37	3.023,00	3.021,85	0,00	3,06
BZ-38	3.022,91	3.021,53	1,50	1,53
BZ-39	3.018,85	3.017,22	1,53	1,60
BZ-40	3.016,60	3.015,45	1,60	1,69
BZ-41	3.015,72	3.014,57	1,69	1,81
BZ-42	3.014,95	3.012,50	3,34	3,41
BZ-43	3.013,47	3.008,73	18,34	19,19
BZ-44	3.013,49	3.012,34	7,76	7,94
BZ-45	3.014,65	3.013,50	3,08	3,14
BZ-46	3.013,00	3.011,85	3,13	3,28
BZ-47	3.015,00	3.011,41	7,84	8,11
BZ-48	3.014,98	3.011,09	6,40	6,66
BZ-49	3.015,27	3.014,12	1,50	1,55
BZ-50	3.018,95	3.012,17	1,52	1,59
BZ-51	3.019,15	3.018,00	1,50	1,52
BZ-52	3.011,00	3.009,85	0,00	3,06
BZ-53	3.009,83	3.008,68	3,06	3,09
BZ-54	3.008,26	3.007,11	3,09	3,16
BZ-55	3.009,63	3.006,87	4,75	4,95
BZ-56	3.009,59	3.006,84	14,04	14,62
BZ-57	3.009,17	3.008,02	8,76	9,09
BZ-58	3.011,00	3.008,31	8,44	8,76
BZ-59	3.011,39	3.010,24	0,00	3,06
BZ-60	3.010,70	3.009,45	11,17	11,49
BZ-61	3.010,80	3.009,33	1,50	1,52
BZ-62	3.011,16	3.009,06	1,52	1,57
BZ-63	3.010,04	3.006,22	4,72	4,87
BZ-64	3.012,46	3.011,13	3,09	3,14

Id Buzón	Cota de tapa (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Flujo de entrada (l/seg)	Flujo de salida (l/seg)
BZ-65	3.012,47	3.011,32	3,06	3,09
BZ-66	3.012,94	3.011,79	0,00	3,06
BZ-67	3.009,59	3.008,44	6,66	6,94
BZ-12'	3.025,70	3.024,55	0,00	1,50
BZ-21	3.017,92	3.016,77	3,06	3,08
BZ-21"	3.017,92	3.016,77	0,00	1,50
BZ-20	3.017,47	3.016,32	4,56	4,61
BZ-24'	3.018,54	3.017,39	0,00	1,50
BZ-24"	3.018,54	3.017,39	0,00	1,50
BZ-77	3.006,00	3.004,85	0,00	3,06
BZ-78	3.006,06	3.004,45	17,68	18,35
BZ-50'	3.018,95	3.017,80	0,00	1,50
BZ-28'	3.020,94	3.019,79	0,00	1,50
BZ-79	3.005,85	3.004,12	18,35	19,06
BZ-80	3.007,38	3.003,66	30,54	31,66
BZ-81	3.004,97	3.003,39	31,66	32,80
BZ-82	3.004,25	3.003,06	37,85	39,23
BZ-83	3.002,96	3.001,77	39,23	40,65
BZ-84	3.002,70	3.001,48	40,65	42,10
BZ-85	3.002,84	3.001,26	63,70	66,17
BZ-48'	3.014,98	3.013,83	0,00	1,50
BZ-60'	3.010,70	3.009,55	0,00	1,50
BZ-59'	3.011,39	3.010,24	0,00	1,50
BZ-73	3.005,93	3.004,78	4,87	5,04
BZ-37"	3.023,00	3.019,70	0,00	1,50
BZ-37'	3.023,00	3.021,85	0,00	1,50
BZ-74	3.005,81	3.004,34	19,19	20,06
BZ-99	3.002,33	3.001,12	66,17	68,65
BZ-98	3.001,00	2.999,81	68,65	71,17
BZ-101	3.000,98	2.999,34	76,40	79,27
BZ-87	3.007,09	3.005,94	4,78	4,98
BZ-87'	3.007,09	3.005,94	0,00	1,50
BZ-86	3.003,54	3.002,39	1,50	1,54
BZ-69	3.014,69	3.013,54	3,08	3,14
BZ-69'	3.014,69	3.013,54	0,00	1,50
BZ-68	3.014,00	3.012,85	1,50	1,53
BZ-75	3.013,41	3.010,08	3,14	3,22
BZ-70	3.015,88	3.014,73	3,06	3,08
BZ-71	3.016,38	3.015,23	0,00	3,06
BZ-100	3.002,79	3.001,64	4,98	5,23

Id Buzón	Cota de tapa (msnm)	Cota de fondo (msnm)	Flujo de entrada (l/seg)	Flujo de salida (l/seg)
BZ-102	3.001,00	2.999,16	79,27	82,16
BZ-103	3.000,48	2.998,74	82,16	85,12
BZ-104	2.998,92	2.997,73	85,12	88,12
BZ-105	2.997,43	2.996,24	88,12	91,17
BZ-106	2.997,15	2.995,96	114,42	118,46
BZ-97	2.999,32	2.998,17	22,32	23,25
BZ-96	3.001,67	3.000,52	21,44	22,32
BZ-95	3.006,89	3.005,74	20,61	21,44
BZ-94	3.010,82	3.007,51	3,11	3,18
BZ-93	3.012,68	3.011,42	3,06	3,11
BZ-92	3.019,55	3.018,22	0,00	3,06
BZ-91	3.008,96	3.007,10	16,68	17,42
BZ-76	3.020,33	3.012,47	14,41	14,95
BZ-72	3.016,86	3.015,71	1,50	1,53
BZ-89	3.012,42	3.011,27	1,53	1,61
BZ-88	3.011,73	3.009,58	1,50	1,56
BZ-90	3.010,63	3.009,48	1,61	1,73
BZ-107	2.995,85	2.994,66	118,46	122,57
BZ-89'	3.012,42	3.011,27	0,00	1,50

#### 5.3.4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El sistema se instalará en la zona baja del casco urbano y comprende las siguientes obras:

- Desarenador
- Tanque Imhoff
- Lecho de Secado

##### 5.3.4.1. JUSTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO ELEGIDO

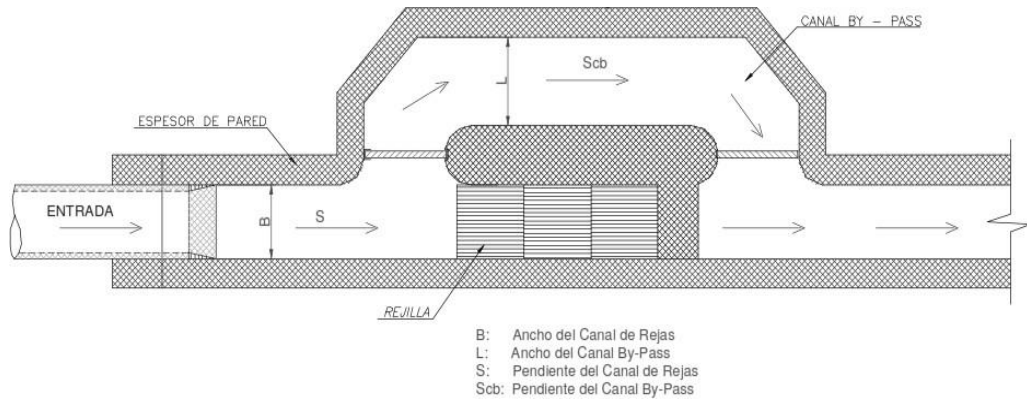
El **desarenador** es la primera estructura para comenzar el filtrado de los sólidos.

El **Tanque Imhoff** es una unidad de tratamiento primario cuyo fin es remover sólidos suspendidos. Para comunidades de 5000 habitantes o menos, ofrecen ventajas para tratar aguas residuales domésticas, ya que integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, por esto también se les llama tanques de doble cámara.

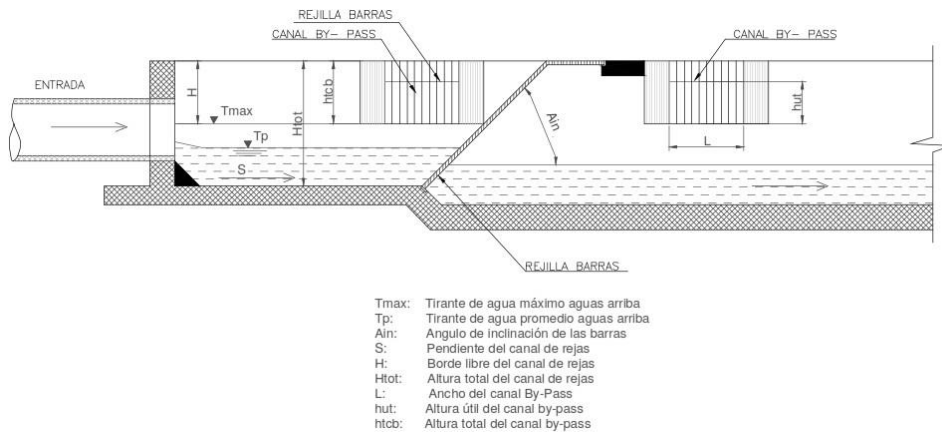
El **Lecho de Secado**, finaliza el proceso de la manera más óptima, separando los lodos para luego ser reutilizados o derivados a otras instancias.

### 5.3.4.2. DIMENSIONAMIENTO Y DISEÑO DE LA INFRAESTRUCTURA

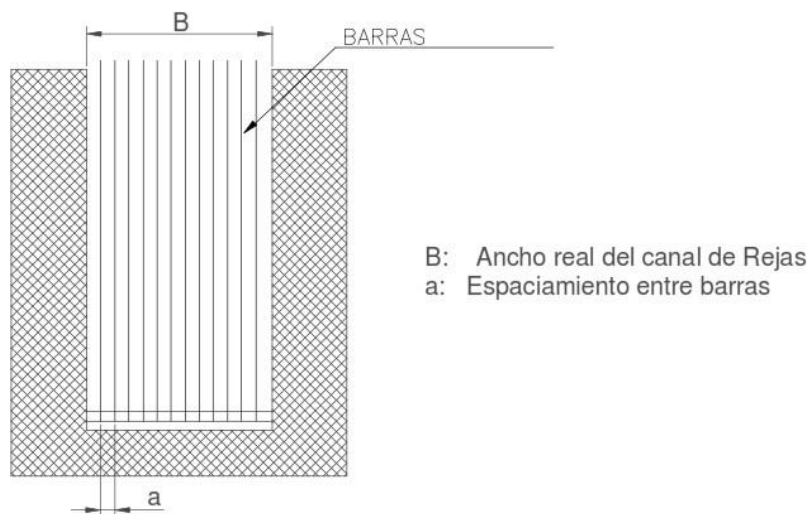
#### a) Diseño de cámara de rejas



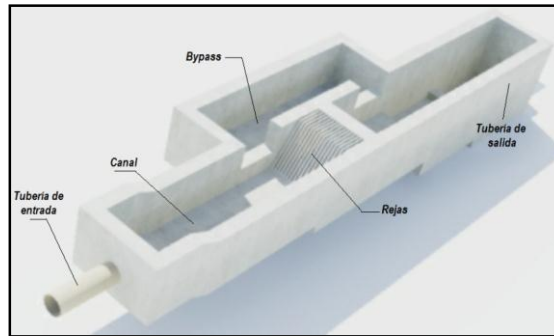
**Fig. 32.** Vista en planta de una cámara de rejas



**Fig. 33.** Corte longitudinal de una cámara de rejas

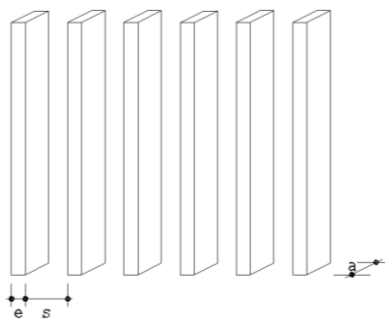


**Fig. 34:** Corte longitudinal de una cámara de rejas



**Fig. 35:** Vista isométrica de una cámara de rejás

Características de las rejás:



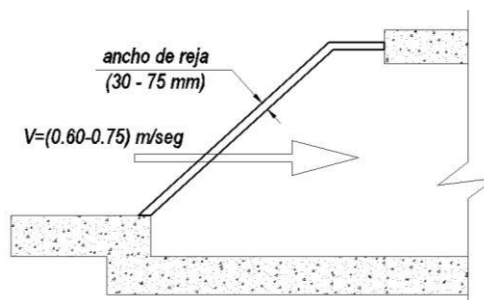
**Fig. 36:** Esquema de separación de rejás

- Espesor de barra  $e = 6.35$  mm (Según OS.090 entre 5 y 15mm)
- Ancho de barra  $a = 38.1$  mm (Según OS.090 entre 30 y 75 mm)
- Separación entre barras  $s = 25.4$  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 rejás (V):

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



**Fig. 37:** Rango de velocidad de paso entre rejás

Se opta por:  $V = 0.60 \text{ m/seg}$

- 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 (Ver ítem 2.5.4):

$$A_u = \frac{Q_{EMISOR}}{V} = \frac{0.006750 \text{ m}^3/\text{seg}}{0.60 \text{ m/seg}} = 0.011 \text{ m}^2$$

- Área total ( $A_t$ ):

$$A_t = \frac{A_u}{E} = \frac{0.011}{0.76} = 0.015 \text{ m}^2$$

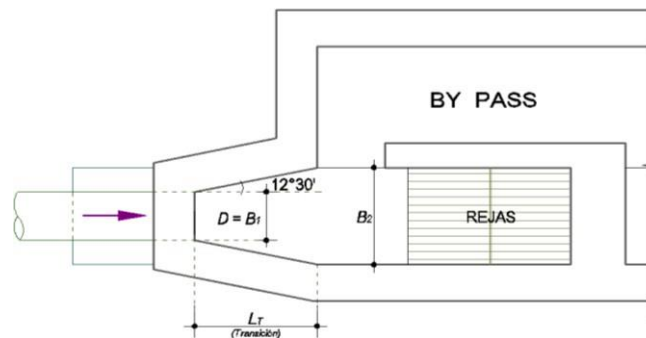
- Número de barras ( $N$ ):

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  $12^\circ 30'$ .



**Fig. 38:** Transición y anchos en el canal de rejillas

En consecuencia, la longitud de esa transición ( $L$ ) se calcula con:

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

Dónde:

- $L_T$  = Longitud de transición ingreso-canal (m)
- $B_1$  = Ancho de canal o diámetro de tubería de ingreso (m)



- Cálculo de Radio Hidráulico ( $R_h$ ):

$$R_h = \frac{A}{B_v + 2Y_{bv}} = \frac{0.01}{0.25 + 2 \times 0.06} = 0.0405 \text{ m}$$

- Pendiente del Bypass (S):

$$S = \left( \frac{Q_{EMISOR} \times n}{A \times R_h^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.006750 \times 0.013}{0.01 \times 0.0405^{2/3}} \right)^2 = 0.00127 \text{ m/m}$$

Datos del emisor:

- Diámetro del emisor ( $D_e$ ): Considerando  $D_e = 200 \text{ mm} = 0.20 \text{ m}$

- Tirante del emisor ( $y_e$ ):

$$\frac{y_e}{D_e} = 0.90 \rightarrow y_e = 0.90 \times 0.20 = 0.18 \text{ m}$$

- Radio hidráulico del emisor ( $R_e$ ):

$$\frac{R_e}{D_e} = 0.298 \rightarrow R_e = 0.298 \times 0.20 = 0.06 \text{ m}$$

- Área del emisor ( $A_e$ ):

$$\frac{A_e}{D_e^2} = 0.7445 \rightarrow A_e = 0.7445 \times 0.20^2 = 0.03 \text{ m}^2$$

- Pendiente en el emisor ( $S_e$ ):

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

$$S = \left( \frac{Q_{m\acute{a}x} \times n}{A_e \times R_e^{2/3}} \right)^2 = \left( \frac{0.006750 \times 0.01}{0.03 \times 0.06^{2/3}} \right)^2 = 0.00014 \text{ m/m}$$

- Velocidad en el emisor ( $V_e$ ):

$$V_e = \frac{Q_{EMISOR}}{A_e} = \frac{0.006750}{0.03} = 0.227 \text{ m/seg}$$

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

$$Hf_t = \frac{[(V_e - V_a)^2 \times 0.1]}{2g} = \frac{[(0.227 - 0.455)^2 \times 0.1]}{2 \times 9.81} = 0.0003 \text{ m}$$

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

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

$$Z = \left( \frac{0.227^2}{2 \times 9.81} + 0.18 \right) - \left( \frac{0.455^2}{2 \times 9.81} + 0.037 \right) - 0.0003 = 0.13 \text{ m}$$

- 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 ( $h_{f50\%}$ ):

$$h_{f50\%} = \frac{(2V)^2 - V_a^2}{2g \times 0.7} = \frac{(2 \times 0.60)^2 - 0.455^2}{2 \times 9.81 \times 0.7} = 0.09 \text{ m}$$

- Cantidad de material cribado:

Para una abertura de 25 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:

$$h_1 = D_e + Z + 0.20 = 0.20 + 0.13 + 0.20 = 0.53 \text{ m}$$

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

$$h_2 = h_1 + Z = 0.53 + 0.13 = 0.66 \text{ m}$$

## b) Diseño del desarenador:

- Velocidad horizontal de sedimentación ( $V_s$ ):

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

$$\eta = 1.010105 \times 10^{-2} = 0.010105 \text{ cm}^2/\text{seg} \text{ (para } 20^\circ\text{C)}$$

$$g = 9.81 \text{ m/seg}^2 = 981 \text{ cm/seg}^2$$

$$\rho = 2.65 \text{ (densidad relativa de la arena)}$$

$$d_c = 0.02 \text{ cm} = 0.2 \text{ mm (diámetro efectivo de la partícula)}$$

Reemplazando datos obtenemos:

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

### Verificación del Número de Reynolds:

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

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

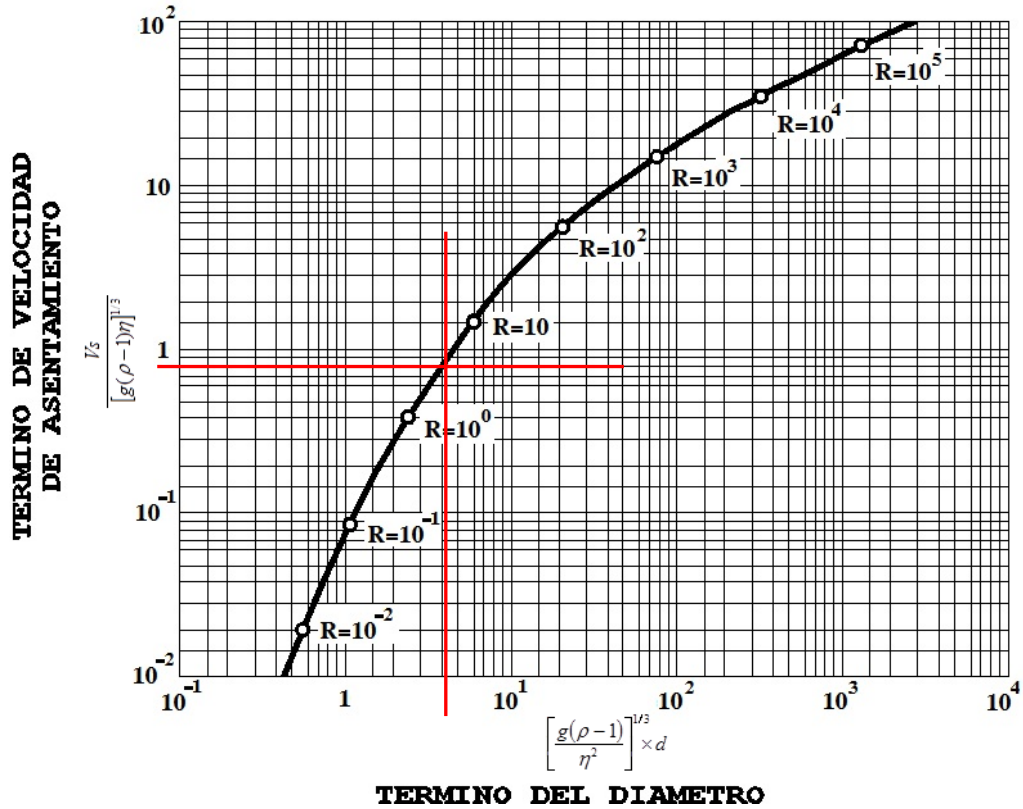
Por lo tanto, hacemos un reajuste al valor de  $V_s$ , considerando la sedimentación de la partícula en régimen de transición, mediante el término del diámetro y el término de velocidad de sedimentación, propuesto por Rivas Mijares-1978:

Calculamos el término del diámetro, con los datos existentes:

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

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

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



**Fig. 40:** Velocidad de sedimentación en régimen de transición

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005)

Despejando  $V_s$ :

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

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

Comprobamos nuevamente si cumple con la condición de Reynolds:

$$R_s = \frac{V_s \times d_c}{\eta} = \frac{2.36 \times 0.02}{0.010105} = 4.67 < 0.5 \text{ (Cumple)}$$

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:

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

Donde  $C_D$  es el coeficiente de arrastre, obtenido con”:

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

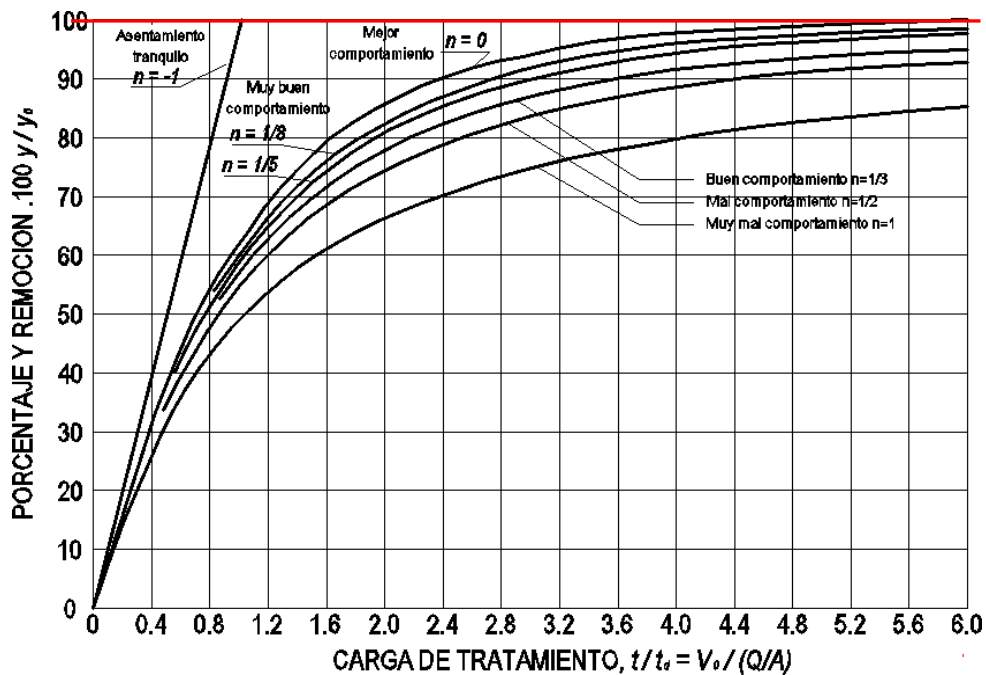
Siendo R el número de Reynolds de la segunda comprobación, luego:

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

Luego la velocidad de sedimentación en régimen de transición será:

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

Con la que calculamos el área requerida. “El caudal se incrementa previamente por un coeficiente de seguridad que garantiza la eficiencia requerida”, según Rivas Mijares-1978. Considerando 100% de eficiencia y remoción, del gráfico siguiente obtenemos:



**Fig. 41:** Curvas de comportamiento

Fuente: (OPS/CEPIS, 2005)

$$C_{seg} = 6.0$$

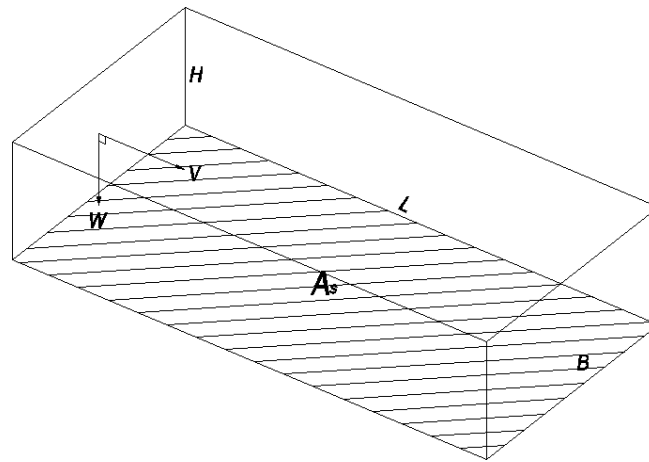
$$V'_s = \frac{Q_{EMISOR} \times C_{seg}}{A_s} = 0.024 \frac{m}{seg}$$

Despejando el área superficial:

$$A_s = \frac{Q_p \times C_{seg}}{V'_s} = \frac{(0.006750) \times 6.0}{0.024} = 1.66 \text{ m}^2$$

Dimensiones del desarenador:

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



**Fig. 42:** Dimensiones básicas del desarenador

Se recomienda que el valor de “L” deba estar entre 10H y 20H. Si asumimos para la altura de pantalla H=0.30 m. Luego:

$$L = 10H = 10 \times 0.30 = 3.00 \text{ m}$$

$$L = 20H = 20 \times 0.30 = 6.00 \text{ m}$$

Luego despejamos B:

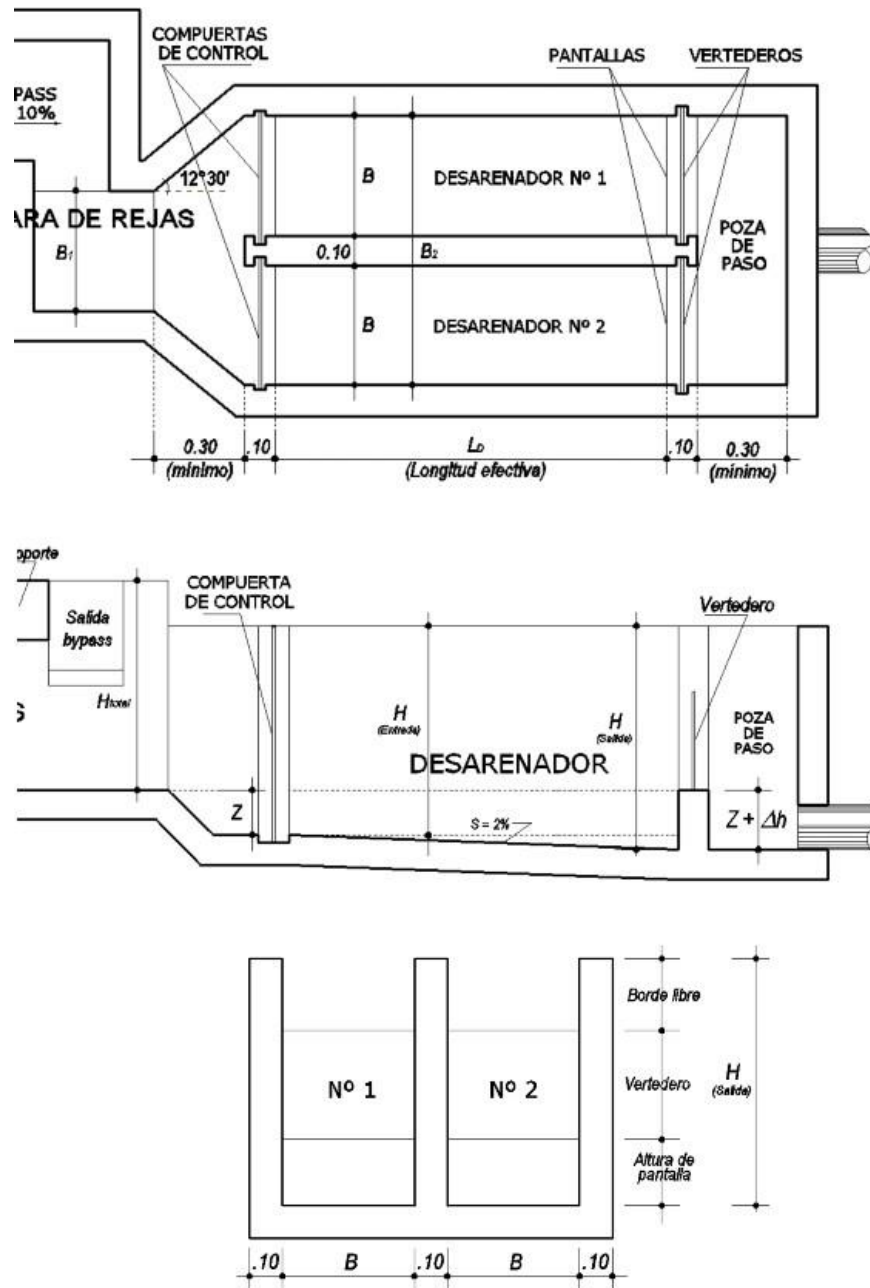
$$B_{10H} = \frac{A_s}{L} = \frac{1.66}{3.00} = 0.55 \text{ m}$$

$$B_{20H} = \frac{A_s}{L} = \frac{1.66}{6.00} = 0.28 \text{ m}$$

Adoptamos las siguientes dimensiones:

- Altura: H = 0.30 m
- Ancho: B = 0.55 m
- Largo: L = 3.00 m

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:



**Fig. 43:** Disposición final en planta y perfil del desarenador

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)
- $B_2 = 0.55\text{m}$  (ancho de los desarenadores + espesor de muro)

Luego, el valor máximo es:

$$L_T = \frac{B_2 - B_1}{2 \operatorname{tg}(12^\circ 30')} = \frac{1.25 - 0.40}{0.4434} = 1.92 \text{ m}$$

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, para lo cual previamente debemos elegir una constante “a” relacionada con el diámetro de la partícula, en la Tabla 10:

En este caso, para  $d = 0.02 \text{ cm} = 0.2 \text{ mm}$ , le corresponde  $a = 44$ , luego:

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

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

Cálculo de la velocidad de caída de la partícula:

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

- Arkhangelski

La velocidad de caída se determina según la Tabla 11:

Del cual, para  $d = 0.20 \text{ mm}$  se obtiene:

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

- Stokes y Sellerio

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

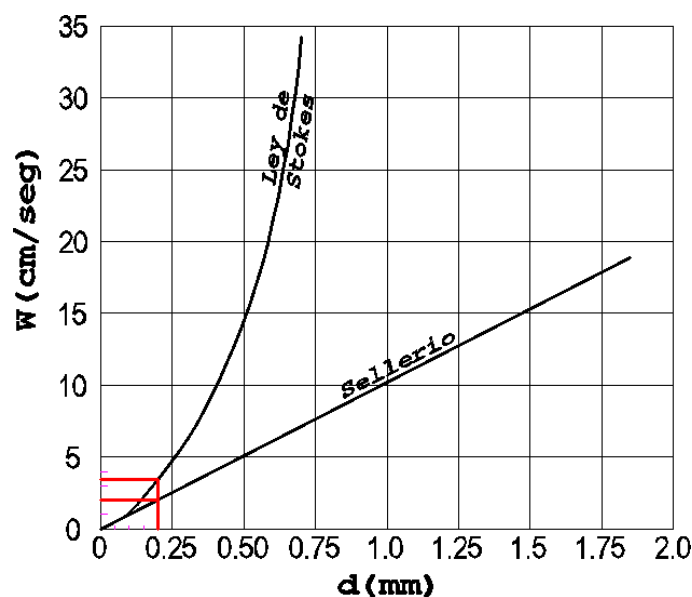


Fig. 44: Experiencia de Sellerio

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

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

• Owens

Para aplicar su fórmula previamente se determina una constante “K” de la Tabla 12:

Del cual se obtiene:  $K = 6.12$ , luego en la expresión de Owens:

Para  $d = 0.20 \text{ mm}$  y  $\rho = 2.65$

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

• Scotti - Foglieni

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

$$W = 3.8\sqrt{d} + 8.3d = 3.8\sqrt{0.20} + 8.3 \times 0.20 = 0.055 \text{ m/seg}$$

Resumiendo:

- $W = 0.022 \text{ m/seg}$  Arkhangelski
- $W = 0.035 \text{ m/seg}$  Stokes
- $W = 0.020 \text{ m/seg}$  Sellerio
- $W = 0.111 \text{ m/seg}$  Owens
- $W = 0.055 \text{ m/seg}$  Scotti – Foglieni

Promediando todos estos valores se obtiene:

$$W_{promedio} = 0.049 \text{ m/seg} = 4.87 \text{ cm/seg}$$

Verificación de la longitud del desarenador:

Las dimensiones en el prisma de flujo en el desarenador se identifican:

La altura del flujo asumida fue:  $H = 0.30 \text{ m}$ . de donde:

$$Q = (B \times H) \times V \rightarrow B = \frac{Q_{EMISOR}}{H \times V} = \frac{0.00.006750}{0.30 \times 0.197} = 0.11 \text{ m}$$

Para facilitar el proceso constructivo se asume:  $B = 0.40 \text{ m}$

Longitud del desarenador:

$$L = \frac{H \times V}{W} = \frac{0.30 \times 0.197}{0.049} = 1.21 \text{ m} \approx 1.50 \text{ m}$$

Tiempo de sedimentación:

$$T = \frac{H}{W} = \frac{0.30}{0.049} = 6.157 \text{ seg}$$

Volumen de agua conducido en el tiempo:

$$V = Q_{EMISOR} \times T = 0.006750 \times 6.157 = 0.042 \text{ m}^3$$

Verificación de la capacidad del tanque:

$$V = B \times H \times L = 0.40 \times 0.30 \times 1.50 = 0.18 \text{ m}^3$$

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

Comparando longitudes:

- Asumido inicialmente:  $L = 3.00 \text{ m}$
- Según verificación:  $L = 1.50 \text{ m}$

Finalmente, por economía utilizamos:  $L = 1.50 \text{ m}$

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:

$$\Delta h = L \times \frac{S}{100} = 1.50 \times \frac{2}{100} = 0.03 \text{ m}$$

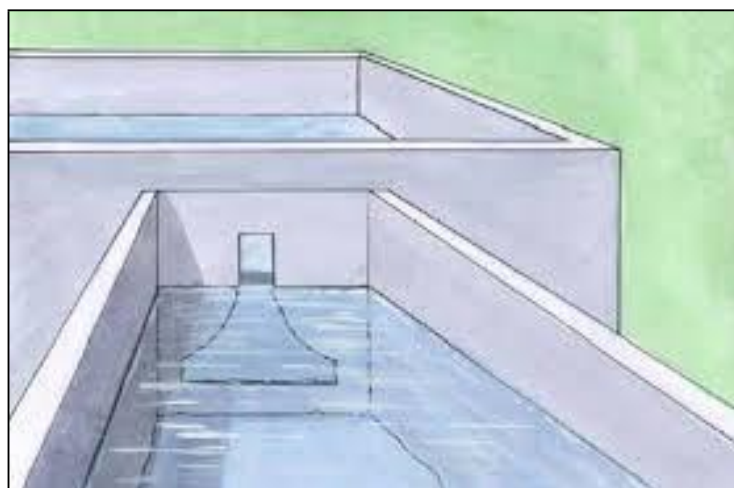
Finalmente, la altura total a la salida del desarenador será:

$$H_t = H + \Delta h = 0.30 + 0.03 = 0.33 \text{ m}$$

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

**c) Diseño del vertedero:**

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:



**Fig. 45:** Vertedero proporcional Sutro



Con lo cual se obtienen las coordenadas para su construcción:

**Tabla 30**

*Coordenadas para su construcción*

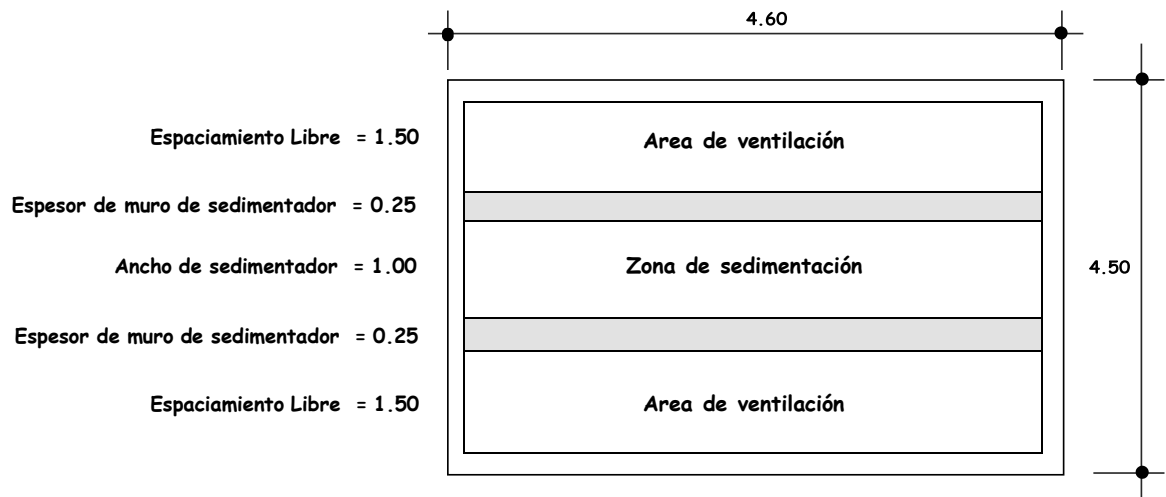
X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
0.08	0.017	0	0.2
0.04	0.016	0.03	0.25
0.029	0.014	0.06	0.3
0.024	0.013	0.1	0.35
0.02	0.012	0.15	0.4

**c) Diseño del Tanque Imhoff:**

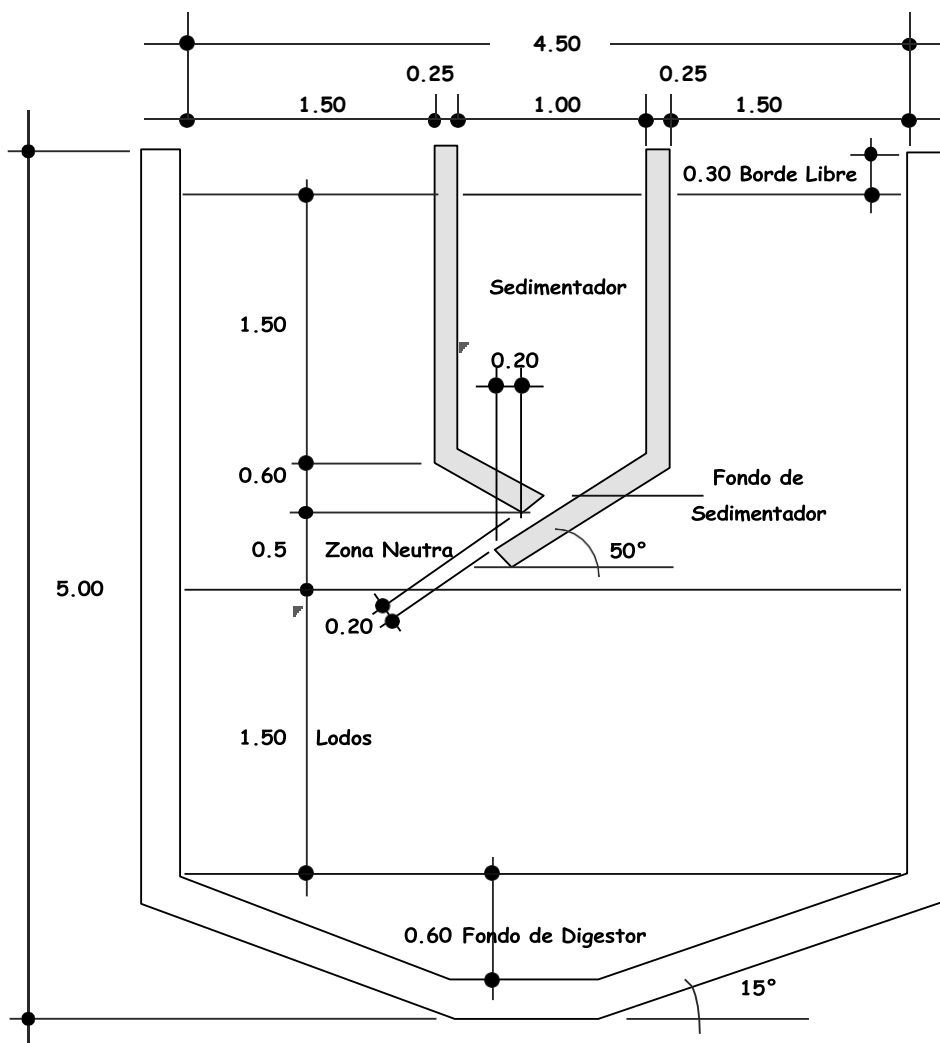
Con el procedimiento indicado se ha preparado una hoja de cálculo en Excel para facilitar el cálculo, cuando no se cumple con las restricciones y parámetros recomendados.

**Tabla 31**  
*Diseño del Tanque Imhoff*

<b>DISEÑO TANQUE IMHOFF</b>	
<b>A <u>PARÁMETROS DE DISEÑO</u></b>	
a.01 Población actual	= <b>683 habitantes</b>
a.02 Tasa de crecimiento (%)	= <b>4.53 %</b>
a.03 Período de diseño (años)	= <b>22 años</b>
a.04 Población futura	= 1,364 habitantes
a.05 Dotación de agua, l/(hab x día)	= <b>80 lt/hab/día</b>
a.06 % de contribución al alcantarillado	= <b>0.80 %</b>
a.07 Altitud promedio, msnm	= <b>2,993 m.s.n.m.</b>
a.08 Temperatura mes más frío, en °C	= <b>21 °C</b>
a.09 Carga superficial (Cs)	= <b>1.00 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup> x h)</b>
a.10 Periodo de retención hidráulica "R"	= <b>1.50 horas</b> (Recomendado de 1.5 a 2.5 horas)
a.11 Borde libre (mínimo recomendado 0.30 m)	= <b>0.30 m</b>
a.12 Volumen de digestión, l/hab a 15°C	= 95 lt/hab
a.13 Relación L/B (teórico)	= <b>4.60</b> (Recomendado mayor a 3)
a.13 Espaciamiento libre de la pared del digestor al sedimentador	= <b>1.50 m</b> (Mínimo 1.00 m)
a.14 Ángulo en el fondo del sedimentador	= <b>50 ° = 0.8727 rad</b> (Recomendado entre 50° - 60°)
a.15 Distancia del fondo del sedimentador a la altura máxima de lodos (zona neutra) se recomienda como mínimo 0.50 m	= <b>0.50 m</b>
a.16 Factor de capacidad relativa a 20°C	= 0.66 (Según la tabla)
a.17 Espesor de muros del sedimentador	= <b>0.25 m</b>
a.18 Inclinación de tolva en digestor (Recomendado entre 15° y 30°)	= <b>15 ° = 0.2618 rad</b>
a.19 Numero de troncos de pirámide en el largo	= <b>1 unidad</b>
a.20 Numero de troncos de pirámide en el ancho	= <b>1 unidad</b>
a.21 Altura del lodos en digestor (mín. 1.80 m)	= <b>1.50 m</b>
<b>B <u>RESULTADOS</u></b>	
b.01 Caudal de diseño Q <sub>D</sub>	= 87 m <sup>3</sup> /día
b.02 Área del sedimentador	= 3.64 m <sup>2</sup>
b.03 Volumen del sedimentador	= 5.45 m <sup>3</sup>
b.03 Ancho de la zona de sedimentación (B)	= 1.00 m
b.04 Largo zona de sedimentación (L) L/B = 4.60	= 4.60 m (Debe estar entre 3 a 10)
b.05 Prof. de la zona de sedimentación (H)	= 1.50 m
b.06 Altura del fondo del sedimentador	= 0.60 m
b.07 Altura total sedimentador	= 2.40 m
b.08 Volumen de digestión requerido	= 63.00 m <sup>3</sup>
b.09 Ancho tanque Imhoff (Bim) L/Bim = 1.02	= 4.50 m OK
b.10 Volumen de lodos en el digestor	= 37.29 m <sup>3</sup>
b.11 Superficie libre (mínimo 30%)	= 30%
b.12 Altura del fondo del digestor	= 0.60 m
b.13 Altura total tanque Imhoff	= 5.00 m



**Fig. 47:** Dimensiones de la planta del tanque Imhoff



**Fig. 48:** Dimensiones de las alturas del tanque Imhoff

Los planos de la estructura diseñada se muestran en los anexos.

### Procedimiento de operación

Al entrar en funcionamiento, un tanque Imhoff debe cebarse para poner en marcha el proceso de digestión. Esto se hace utilizando lodos digeridos de otro tanque, o a falta de éstos, materia nutritiva, tal como unas cuantas paladas de abono o estiércol. Puede desarrollarse una espuma o nata excesiva, como resultado de condiciones ácidas, teniéndose que usar medios correctores, como adiciones de cal en poca cantidad, a fin de ajustar así el pH hasta el punto neutro. En su funcionamiento normal, un tanque Imhoff debe ser vigilado diariamente, aunque para hacerlo no exija mucho trabajo en su manejo ni muchas herramientas. Al subir los gases para salir por las ventosas, llevan algunos sólidos a la superficie, y pueden formar espuma o nata gruesa flotante. Los gases pueden levantar las masas flotantes aun hasta rebosar las paredes, estorbando así el paso normal de ellos, haciendo que pasen hacia arriba a través de la ranura de las cámaras de sedimentación, se vuelven sépticos, a menos que sean removidos. Sin embargo, pueden prevenirse la mayoría de las dificultades o mal funcionamiento del tanque por medios sencillos. La espuma o nata se dispersa u obliga a bajar por medios de chorros de agua con manguera, y los sólidos de la cámara de sedimentación se obligan a bajar utilizando una cadena pesada, suelta, de rastreo. Hay que conocer el nivel de los lodos de cuando en cuando, para lo cual se usa un palo y placa o una bomba de mano con manguera, para mantener este nivel bajo control, sacando mensualmente los lodos digeridos, o cuando se requiera, para obtener buen resultado. Los lodos se descargan sobre lechos de arena para secarlos.

#### **d) Diseño del lecho de secado de lodos:**

Es el método más simple y económico para deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta ideal para pequeñas comunidades. Pueden ser contruidos de mampostería, de concreto o de tierra (con diques), con profundidad total útil de 50 a 60 cm. El ancho de los lechos de secado es generalmente de 3 a 6 m, pero para instalaciones grandes pueden sobrepasar los 10 m.

El medio de drenaje es generalmente de 0.30m de espesor y deberá tener los siguientes componentes:

- El medio de soporte recomendado está constituido por una capa de 0.15m formada por ladrillos colocados sobre el medio filtrante, con una separación de 0.02 a 0.03m llena de arena.

- La arena es el medio filtrante y deberá tener un tamaño efectivo de 0.3 a 1.3
- mm
- Debajo de la arena se deberá colocar un estrato de grava graduada hasta 0.20m de espesor.
- Carga de sólidos que ingresa al sedimentador C (kg de SS/día).

Cálculo de la carga de sólidos: (C)

Se estima mediante la ecuación:

$$C = 0.0854Q \times SS$$

Dónde:

- C = Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (kg de SS/día)  
 Q = Caudal promedio de aguas residuales ( $Q_{Emisor} = 0.0004874$  m<sup>3</sup>/seg)  
 SS = Sólidos en suspensión en el agua residual cruda (kg/lit).

Sin embargo, también se puede estimar en función de la población por la contribución per cápita (gr de SS/hab x día) según la siguiente expresión:

$$C = \frac{\text{Población} \times \text{Contribución per cápita}}{1000} (\text{gr. SS/hab} \times \text{día})$$

La norma OS.090 del RNE, especifica que esta contribución per cápita, para comunidades pequeñas, sin sistema de alcantarillado como en este caso, se puede optar por 90 gr. SS/hab x día, obtenida de la Tabla 15:

Luego, en la fórmula anterior:

$$C = \frac{1,975 \text{ hab} \times 90 \text{ gr}/(\text{hab} \times \text{día})}{1000} = 177.75 \text{ kg.SS/hab} \times \text{día}$$

Masa de sólidos que conforman los lodos ( $M_{sd}$ )

Se expresa en kg. SS/día, según la siguiente ecuación:

$$M_{sd} = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times C) + (0.5 \times 0.3 \times C)$$

Donde "C" es la carga de sólidos calculada anteriormente, luego:

$$M_{sd} = (0.5 \times 0.7 \times 0.5 \times 122.76) + (0.5 \times 0.3 \times 122.76) = 39.90 \text{ kg.SS/día}$$

Volumen diario de lodos digeridos ( $V_{ld}$ ):

Se determina por:

$$V_{ld} = \frac{M_{sd}}{\rho_{lodo} \times (\% \text{ de sólidos}/100)}$$

Dónde:

- $M_{sd}$  = Masa de sólidos que conforman los lodos (kg. SS/día)

- $\rho_{lodo}$  = Densidad de los lodos (1.03 a 1.04 kg/lit)
- $\%de\ s\u00f3lidos$  = % de s\u00f3lidos contenidos en el lodo (8 a 12%)

Asumiendo  $\rho=1.04$  kg/lit y  $\% = 12\%$ , en la expresi\u00f3n anterior:

$$V_{ld} = \frac{39.90}{1.04 \times (12\%/100)} = 319.69 \text{ lt/d\u00eda}$$

Rendimiento volum\u00e9trico del digestor: ( $R_d$ )

Para este fin usaremos el volumen de lodos del digestor calculado para el dise\u00f1o del tanque Imhoff, 37.29 m<sup>3</sup> y la poblaci\u00f3n de dise\u00f1o, 1,109 hab.

$$R_d = \frac{\text{Vol\u00famen de lodos en el digestor}}{\text{Poblaci\u00f3n de dise\u00f1o}} = \frac{37.29}{1,364} = 0.027 \text{ m}^3/\text{hab}$$

\u00c1rea unitaria del Lecho de Secado requerida, por habitante: ( $A_u$ )

Este requisito de \u00e1rea debe verificarse para una carga superficial anual de s\u00f3lidos aplicado al lecho de secado, la cual debe estar entre 120 y 200 kg. SS/m<sup>2</sup> x a\u00f1o, para tratamientos primarios, seg\u00fan la norma OS.090.

Para este caso se asume que el n\u00famero de aplicaciones ( $N_a$ ) del lecho de secado es de 1 a\u00f1o y la profundidad de aplicaci\u00f3n  $H_a$ , var\u00eda entre 0.20 a 0.40 m". Luego, asumiendo una profundidad de 0.40 m, obtenemos:

$$A_u = \frac{R_d}{N_a \times H_a} = \frac{0.027}{1 \times 0.40} = 0.0683 \text{ m}^2/\text{hab}$$

\u00c1rea m\u00ednima del Lecho de Secado: ( $A_{LS}$ )

$$A_{LS} = A_u \times \text{Poblaci\u00f3n de dise\u00f1o} = 0.0683 \times 1,364 = 93.16 \text{ m}^2$$

Verificando la carga superficial anual de s\u00f3lidos: ( $C_{sa}$ )

Esta carga debe estar comprendida en la Tabla 16:

Para un tratamiento primario, la carga superficial anual debe estar entre 120 a 200 kg. SS/m<sup>2</sup> x a\u00f1o", luego calculamos la carga para verificar que el \u00e1rea unitaria del lecho de secado requerida por habitante es la correcta:

$$C_{SA} = \frac{M_{sd} \times 365}{A_{LS}} = \frac{39.90 \times 365}{93.16} = 156.30 \text{ kg. SS/m}^2 \times \text{a\u00f1o}$$

Dimensiones del lecho de secado:

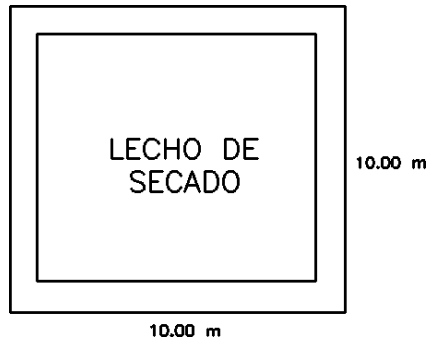
El ancho esta generalmente entre 3 y 6 m, pero para instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m. Luego, asumiendo un ancho  $A = 8.00$  m, se obtiene:

$$L = \frac{A_{LS}}{A} = \frac{93.16}{10.00} = 9.36 \text{ m}$$

Finalmente se asume:

- $A = 10.00 \text{ m}$
- $L = 10.00 \text{ m}$
- $H_a = 0.40 \text{ m}$

El detalle del lecho de secado en los planos se adjunta en los anexos.



**Fig. 49:** Dimensiones de la planta del lecho de secado

#### **5.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

##### **Análisis de la red de agua residual**

Según como se pudo comprobar en la zona de estudio, aproximadamente el 90% de los lotes tienen instalaciones consistentes en letrinas artesanales. Estas se construyeron con asesoramiento del FONCODES en el año 2007. En aquel entonces solo el 65% de los predios que estaban habitados tuvieron asesoramiento técnico. Actualmente el estado de dichas letrinas es de regular a malo, por falta de mantenimiento. El ambiente del lugar está cargado de malos olores, provenientes de dichas letrinas.

Los predios que no están edificados representan un 5%, el 10% restante no tiene dichas instalaciones debido a diversos factores, principalmente económicos, siendo este porcentaje el que usa el campo para hacer sus necesidades fisiológicas.

Naturalmente es un factor de generación de contaminantes que pueden influir en la salud de los habitantes del C.P. Sondondo, sobre todo en la calidad de vida.

El riesgo de transmisión de enfermedades diarreicas agudas en la zona, es similar en varios centros poblados del distrito y de la provincia. Según la Tabla 4, solamente en el distrito de Cabana se registraron 33 casos de EDAs para una población en riesgo de 4587 habitantes lo que representa un 0.72% de incidencia. Esto refuerza la necesidad de contar con un servicio de alcantarillado, adecuado, considerando que

desde el año 2007 se ha incrementado significativamente la población de dicho centro poblado.

Respecto a la evaluación del relieve topográfico, se ha verificado que la pendiente del terreno no será inconveniente para el trazo de tuberías, ya que la zona urbana se concentra sobre una franja angosta a orillas del Río Sondondo donde las pendientes transversales están en el orden de 0.3 a 6.0% y las longitudinales en el orden de 0.3 a 2.8%.

### **Obras propuestas**

Luego de la evaluación hidráulica con SEWERGEMS V8i, se logró hacer una simulación de la red con las recomendaciones del ítem 4.2.3 (A) para los diámetros y con las recomendaciones del ítem 4.2.1(C), para la distribución de buzones de inspección. Finalmente, las obras que se proponen son las siguientes:

- 5,004.35 ml de tuberías de polivinilo de cloruro (PVC) de 160 mm NTP ISO 4435: 2005, con sistema de empalme a unión flexible.
- 107 buzones de concreto simple  $f'c=175$  kg/cm<sup>2</sup>; 1.20m de diámetro; altura variable H=1.00 m; losa superior con tapa de concreto armado de  $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.
- 486 conexiones domiciliarias compuestas de caja y tapa de registro de concreto simple  $f'c=140$  kg/cm<sup>2</sup>, de 0.75 x 45m, tubo de descarga de PVC 160mm, cachimba de PVC 160mm.
- Los planos de planta, perfil y diagramas de flujo obtenidos se muestran en los anexos.

### **Análisis de la planta de tratamiento de aguas residuales**

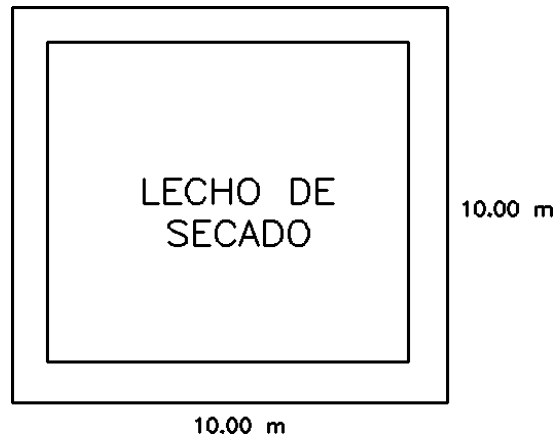
El estudio topográfico, también proporcionó el relieve del lugar seleccionado para construir la planta de tratamiento considerando que debe existir una distancia mínima del centro poblado en aplicación de la norma OS.090. Sobre el tipo de planta de tratamiento, en base al crecimiento de la población poblacional se pudo determinar como mejor alternativa la del Tanque Imhoff.

### **Obras propuestas**

Según los requerimientos para este tipo de planta se propone las siguientes obras hidráulicas:

- Cámara de rejillas.
- Tanque Imhoff





*Fig. 52: Dimensiones del lecho de secado*

En los anexos se presenta los planos de planta, elevación y detalles de las obras propuestas.

## CAPÍTULO VI

### COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS

#### 6.1. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

##### Hipótesis específica N°1

Del análisis del estado situacional del servicio actual, de las condiciones de salubridad, y de la población actual se determinó el sistema más adecuado para la eliminación de las aguas residuales es un sistema de eliminación mediante redes colectoras y la instalación de una planta de tratamiento con tanque Imhoff. De hecho, este análisis ha influido en la determinación de la propuesta más adecuada para mejorar las condiciones de salubridad y por ende una mejor calidad de vida de la población del C.P. de Sondondo.

Por lo tanto, se puede afirmar que la hipótesis específica: *“El Análisis influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, del distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.”* se acepta como verdadera.

##### Hipótesis específica N°2

De acuerdo al desarrollo del objetivo específico 1, la evaluación o análisis desarrollado para la hipótesis específica 1, establece el tipo de estructuras a diseñar. En consecuencia, se desarrolla también los análisis hidráulicos para establecer los parámetros que sirvan para el diseño integral del saneamiento básico, estos se determinan en concordancia a las normas de diseño según el Reglamento Nacional de Edificaciones (MVCS, 2006) y teorías propuestas por otros autores. Luego para verificar que su funcionamiento sea óptimo se desarrolló la modelación de la red, utilizando el software SewerCad V8i, obteniendo buenos resultados y para complementar el diseño integral se calculó también las dimensiones hidráulicas de los elementos que componen la planta de tratamiento.

En consecuencia, al cumplirse con el desarrollo del segundo objetivo específico, éste, al ser ejecutado en el tiempo influirá positivamente en la calidad de vida de la población del C.P. Sondondo, lo que se sustenta en las tendencias estudiadas por la Organización Mundial de la Salud, en cuyos informes indica que *“Se ha probado que la mejora del saneamiento tiene efectos positivos significativos en la salud tanto en el ámbito de los hogares como el de las comunidades.”*(OMS, 2019).

En este contexto la hipótesis específica N°2: “*El diseño integral del saneamiento básico influye en la calidad de vida del C.P. de Sondondo, del distrito de Cabana, provincia de Lucanas – Ayacucho, aplicando el modelo numérico SewerCad V8i.*” se acepta también como verdadera.

## **6.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS GENERAL**

Al haberse verificado la validez de las hipótesis específicas queda demostrada la hipótesis principal, ya que ambas complementan el cumplimiento de la variable independiente sobre la variable dependiente que es la calidad de vida de los pobladores del centro poblado Sondondo.

## CONCLUSIONES

Luego de realizado la tesis hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- a) De acuerdo al análisis previo realizado para desarrollar el objetivo específico 1, la alternativa de solución pasa por implementar un sistema de recolección de aguas residuales por medio de una red de alcantarillado y planta de tratamiento con tanque Imhoff, para la cual se ha utilizado el SewerCad V8i.
- b) El desarrollo del objetivo específico 2, determinó que el caudal de diseño para la red es 2.04 lt/seg, siendo el caudal disponible en la fuente de 7 lt/seg suficiente para garantizar el arrastre hidráulico en la red, para ello se tiene que instalar 5,004.35m de tuberías PVC de 160 mm, 107 cámaras de inspección y 486 conexiones domiciliarias, ubicando la planta de tratamiento hacia el noroeste de la zona urbana sobre un área plana.
- c) Se ha comprobado la validez de la hipótesis principal, comprobando la influencia del sistema integral del saneamiento básico, la misma que contribuye con la propuesta de las obras que al ejecutarlas mejorara la calidad de vida, de la población del C.P. Sondondo.
- d) Se logró optimizar la red mediante la modelación numérica con el software SewerCad V8i, con resultados aceptables que cumplen con los rangos permisibles que recomiendan las normas, reduciendo el tiempo de cálculo.
- e) Capacitación a personal técnico para mantener el sistema y desarrollar concientización y orientación para el buen uso del servicio.

## **RECOMENDACIONES**

- a) La municipalidad distrital de Cabana debe realizar las gestiones necesarias para elaborar el Expediente Técnico según lo propuesto en esta investigación.
- b) Gestionar el financiamiento necesario para ejecutar el proyecto en el plazo de inversión especificado en el período de vida.
- c) Realizar la capacitación al personal técnico.
- d) Para estudios similares, Efectuar investigaciones secuenciales a esta con aplicación de SewerCad V8i.

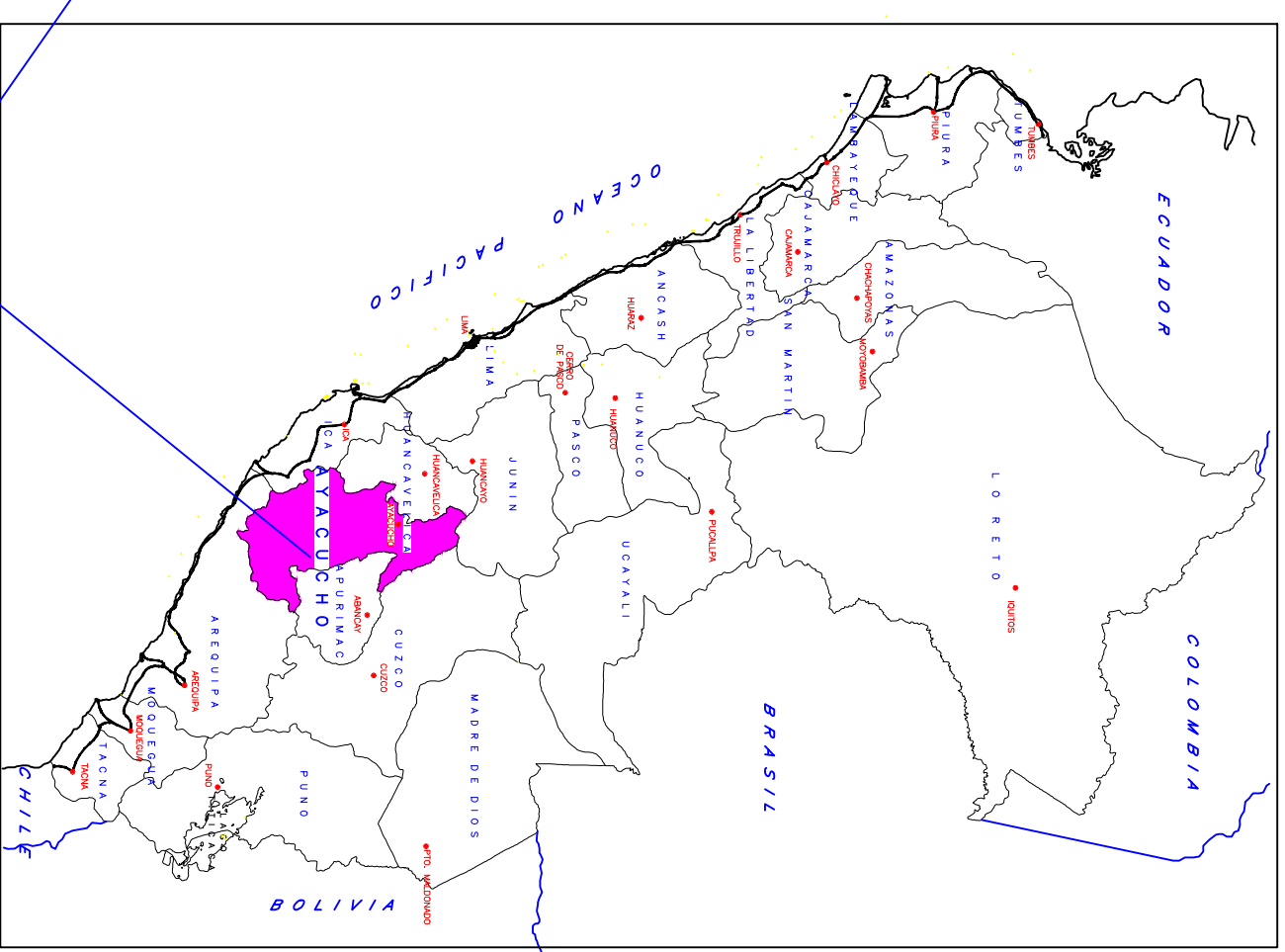
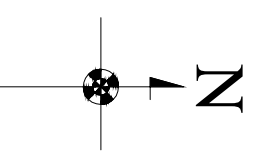
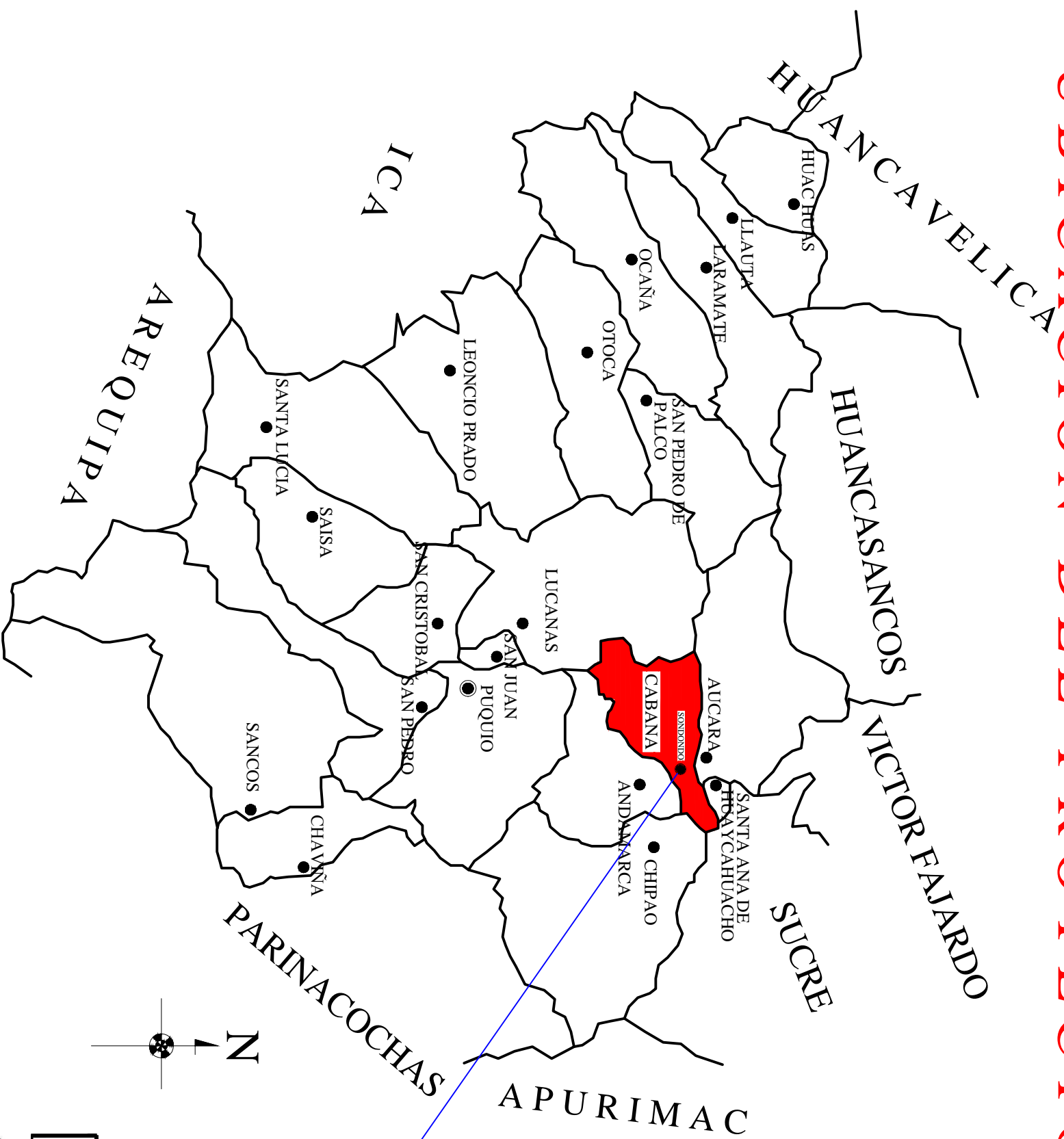
## FUENTES DE INFORMACIÓN

1. CHOEZ, H. y ZAMBRANO, L. (2017). Tesis de titulación: “Estudio y diseño de los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario de la lotización 19 de diciembre, del Cantón Jipijapa”. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Pp. 89. Ecuador.
2. AYBAR, V. (2018). Tesis de titulación: “*Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado para mejorar la calidad de cuatro comunidades de Kimbiri – Cusco – 2018*”. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil. Pp. 13. Lima.
3. MANCILLA, J. (2018). Tesis de titulación: “*Aplicación del modelo numérico SewerGems para el diseño hidráulico del sistema integral de desagüe en beneficio del centro poblado Mirmaca, distrito de Pausa, Paucar Del Sara Sara, Ayacucho*”. Universidad Nacional San Luis Gonzaga, Facultad de Ingeniería Civil. Ica-Perú.
4. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO – PROGRAMA NACIONAL DE SANEAMIENTO RURAL (PNSR): “*Norma Técnica de Diseño: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*”. RM 192-2018-Vivienda.
5. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCION Y SANEAMIENTO. 2006. “*Reglamento Nacional de Edificaciones*”. Normas legales de fecha 11 de junio del 2006. El peruano. 434 pág.
6. MINISTERIO DE SALUD. 1989. “*Manual de Operación y Mantenimiento de Sistemas de Agua Potable y Letrinas en el Medio Rural*”. División de Saneamiento Básico Rural. Lima. 65 pág.
7. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). CEPIS. (2005). “*Guía para el diseño de tecnologías de alcantarillado*”. 73 pág.
8. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). CEPIS. (2005a). “*Guía para diseño de Desarenadores y Sedimentadores*”. 72 pág.
9. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). CEPIS. (2005b). “*Guía para diseño de Tanques Sépticos, Tanques Imhoff y lagunas de Estabilización*”. 40 pág.

10. AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA. (ANA 2010). DIRECCION DE ESTUDIOS DE PROYECTOS HIDRAULICOS MULTISECTORIALES. *“Manual: Criterios de diseños de obras Hidráulicas para la formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de afianzamiento Hídrico”*. 356 pág.
11. VIERENDEL (2009). *“Abastecimiento de Agua y Alcantarillado”*. Universidad Nacional de Ingeniería. 146 pág.
12. León, M. J. F. A. (2000). *“Hidráulica de las conducciones libres”* (pp. 87-98, 194-278, 411-439, 674-676). Tomos I y II. La Habana: Ministerio de Educación Superior.
13. RIVAS, G. *“Tratamiento de aguas residuales”*. 2º Edición. Ediciones Vega. Caracas-Venezuela, (1978).

# **ANEXOS**

# UBICACION DEL PROYECTO



LOCALIZACION DEL PROYECTO

# PROVINCIA DE LUCANAS



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
 FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AVACUCHO"

PLANO DE UBICACION Y LOCALIZACION

BACHILLER BACH. ELIO ELOY SOLIER ATQUIPA	FECHA: JULIO - 2019	REGION: LIBERTADORES	PROV: LUCANAS	JANUARI <b>PUT-01</b>
ESCALA: INDICADA	DPTO: AVACUCHO	DIST.: CABANA		













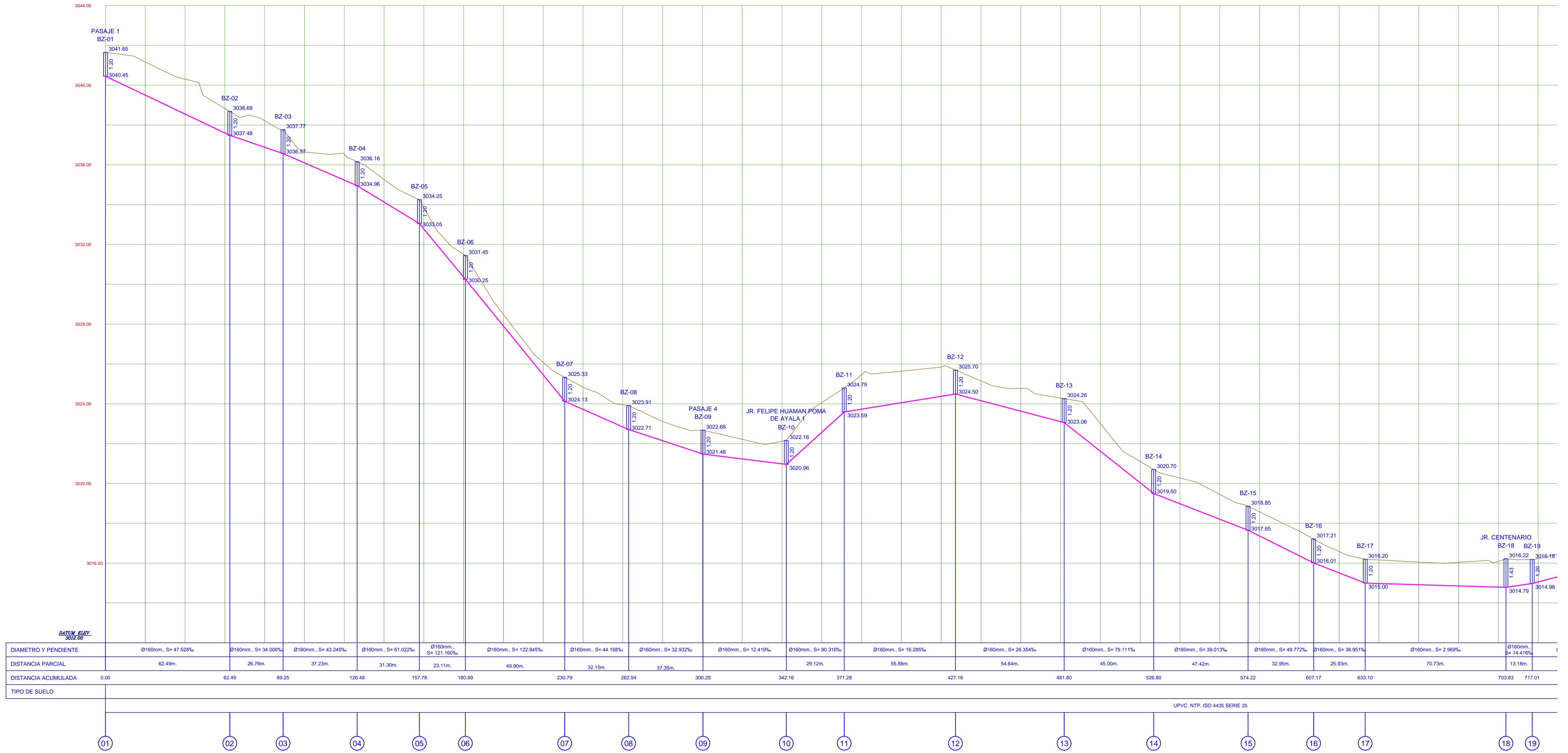








## JR. 28 DE JULIO 1



**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

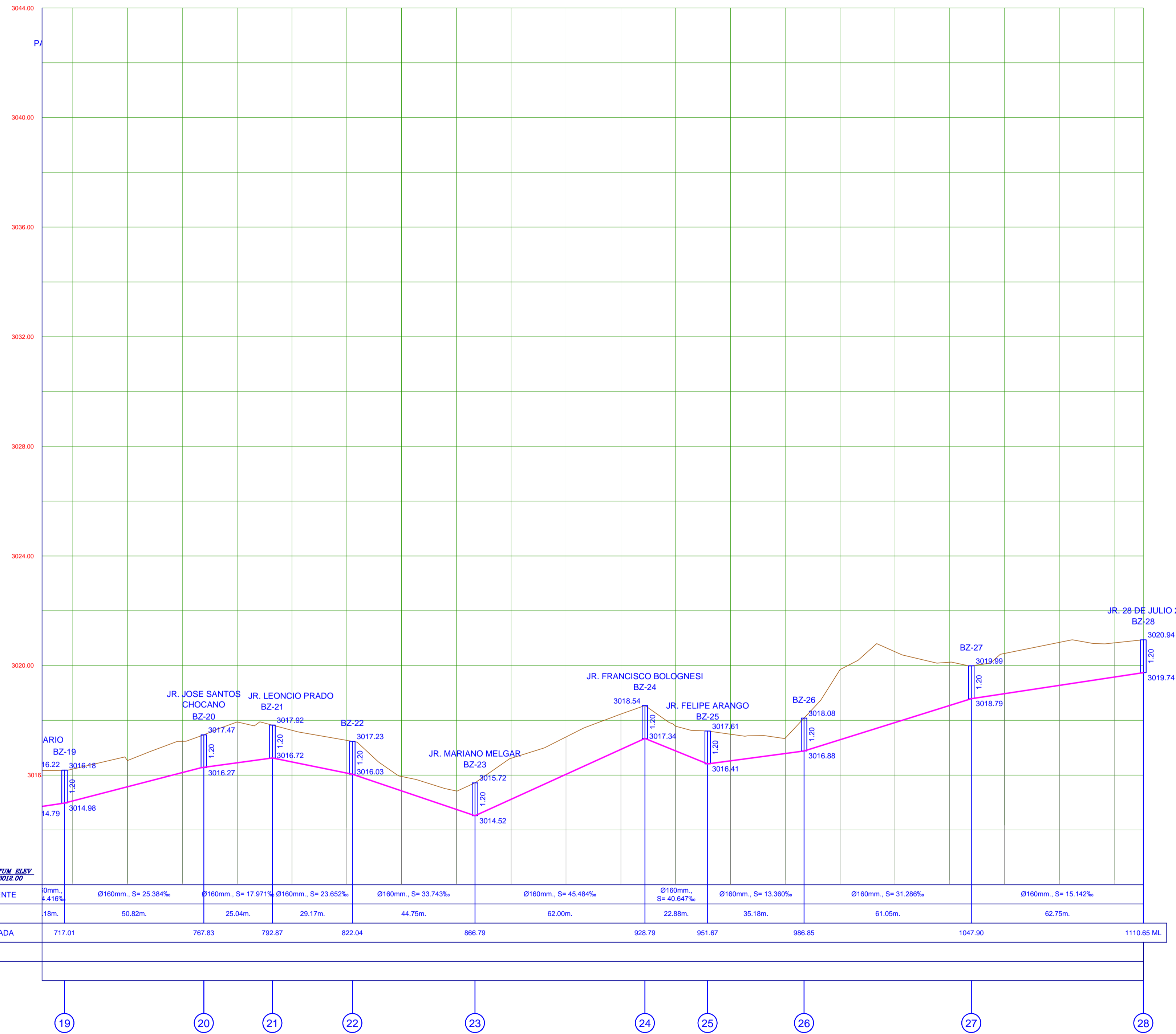


Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

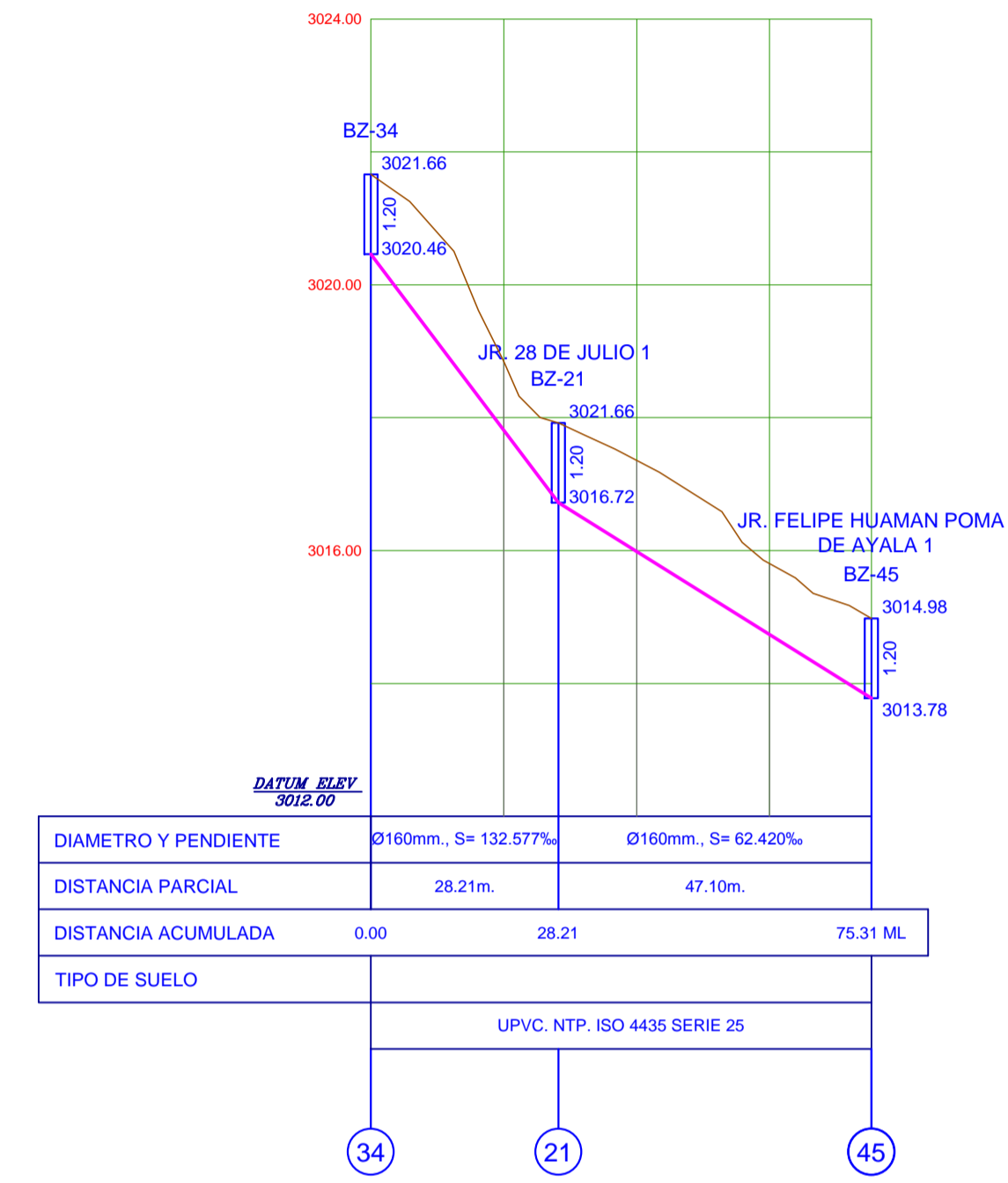
### PERFILES LONGITUDINALES

BACHILLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	FECHA: JULIO - 2019	REGIÓN: LIBERTADORES	PROV: LUCANAS	LÁMINA: <b>PL-01</b>
	ESCALA: VER 1/100 HOR 1/1000	DPTO.: AYACUCHO	DIST.: CABANA	

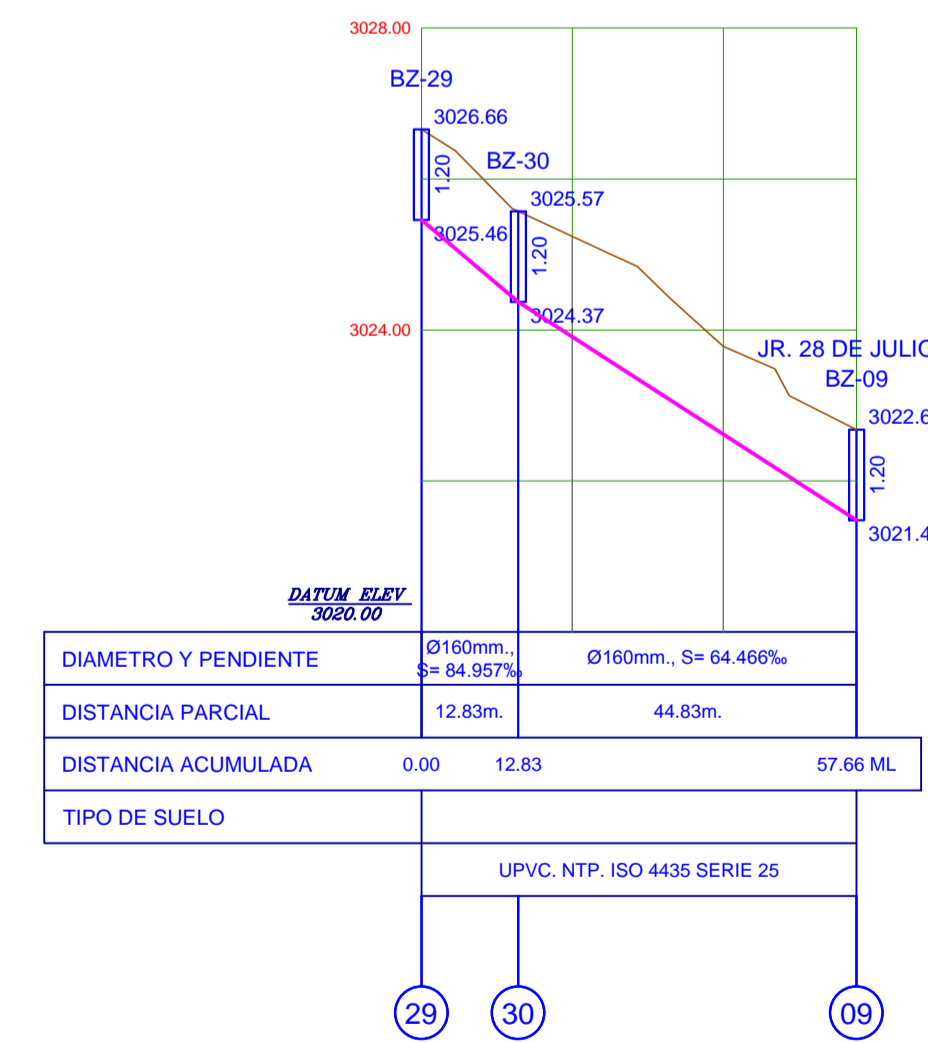
### JR. 28 DE JULIO 1



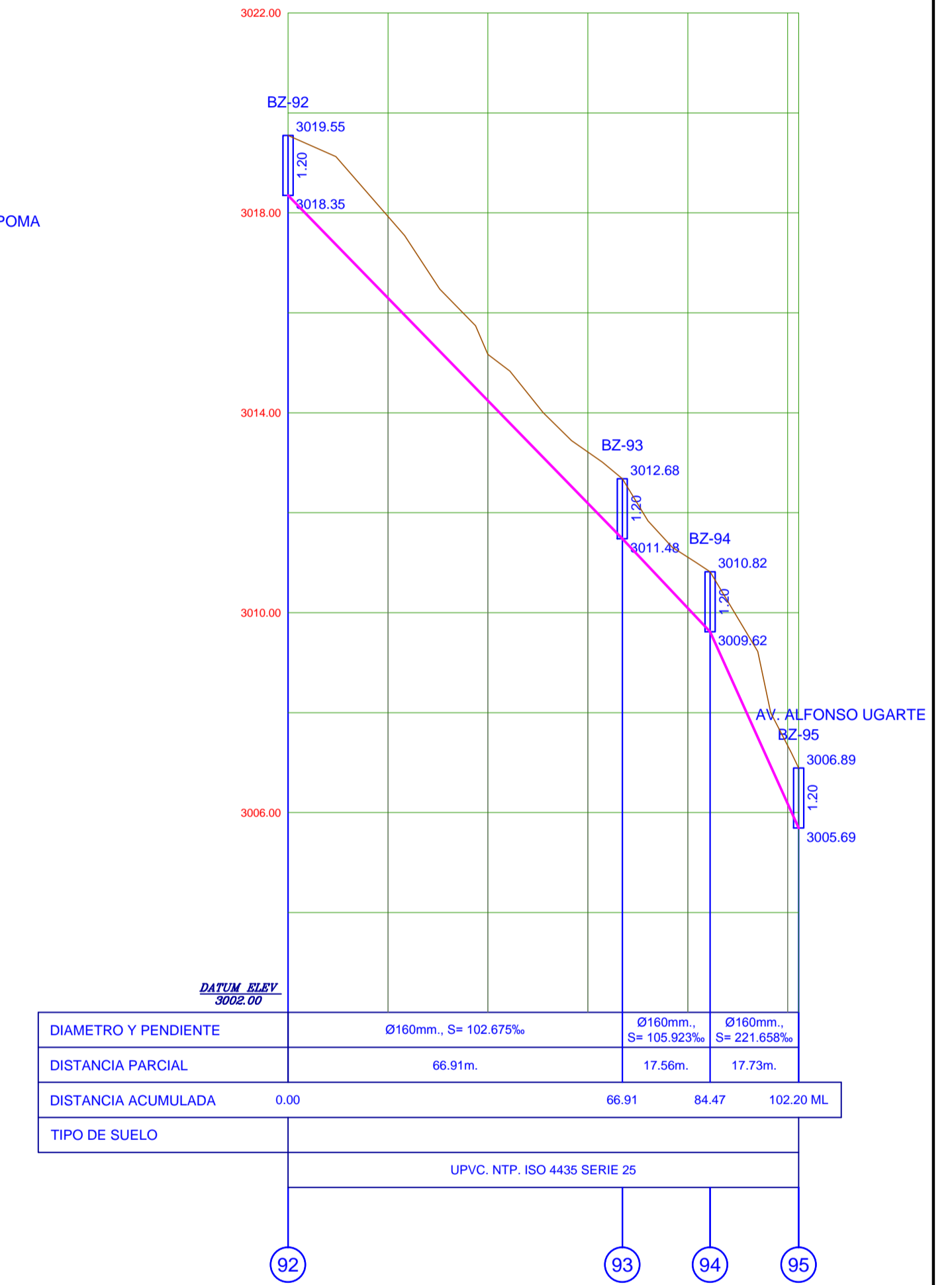
### JR. LEONCIO PRADO



### PASAJE 4



### PASAJE 4 (Continuacion)



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

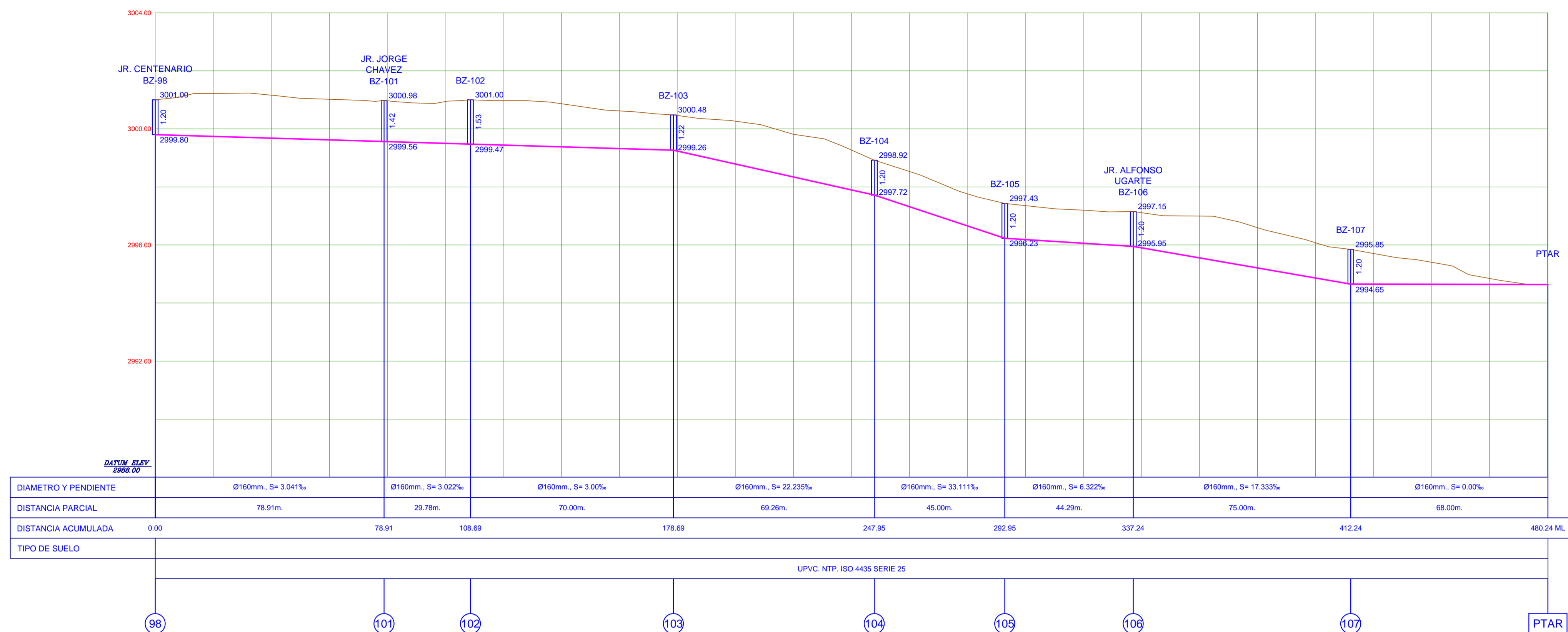
Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

PERFILES LONGITUDINALES

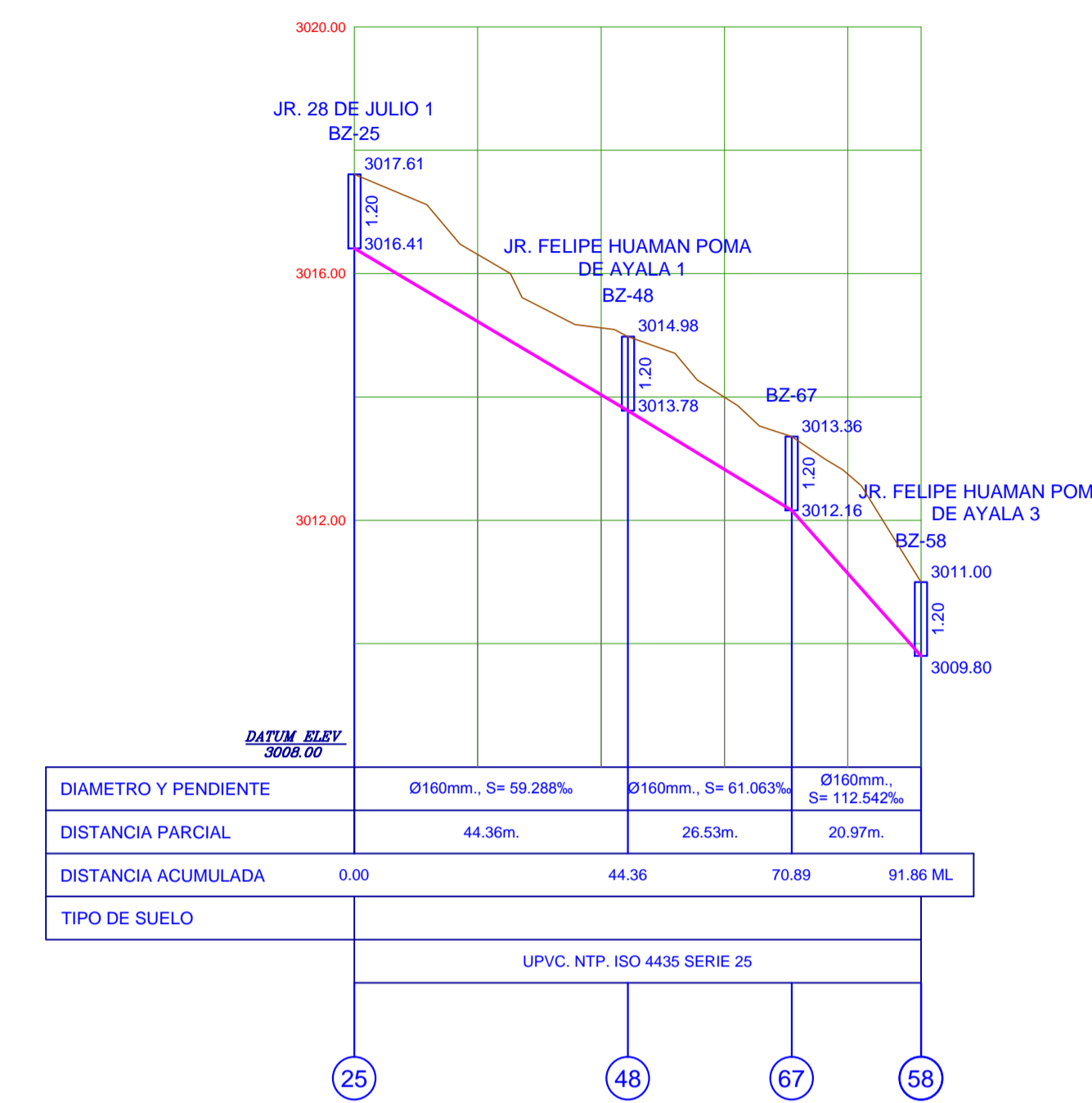
BACHILLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA  
FECHA: JULIO - 2019  
ESCALA: VER 1:100  
REGIÓN: LIBERTADORES  
DPTO.: AYACUCHO  
PROV.: LUCANAS  
DIST.: CABANA

LÁMINA: PL-02

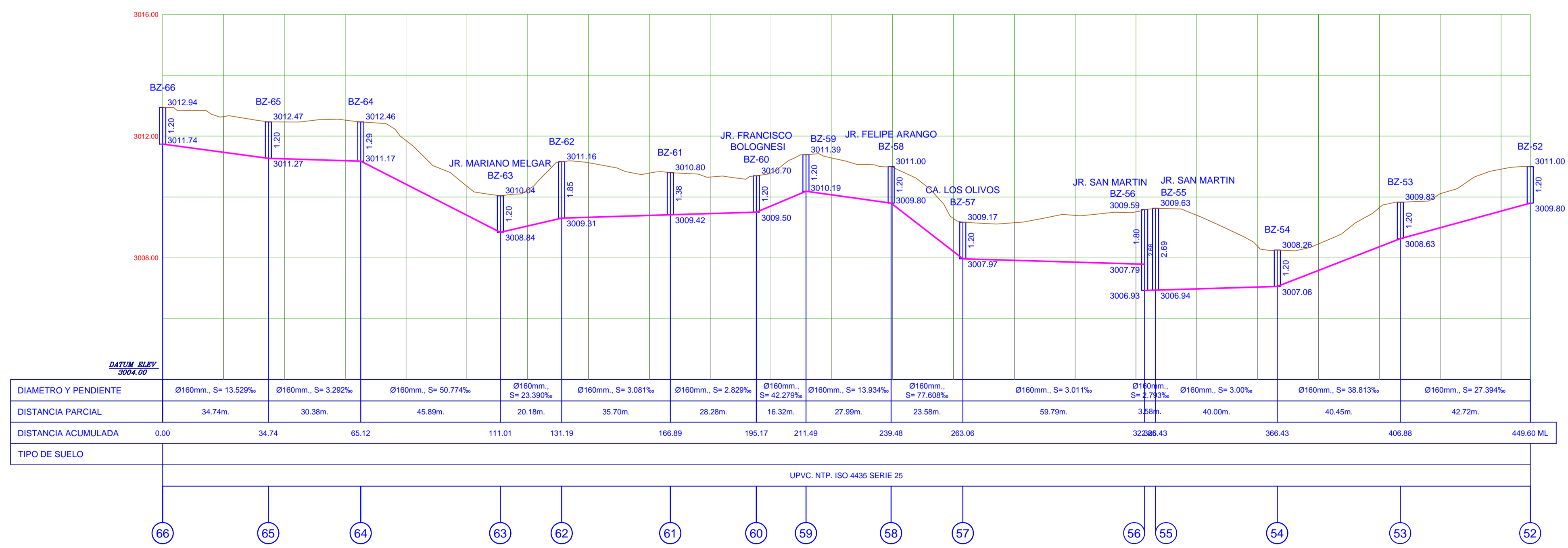
### JR. IGNACIO GALINDO



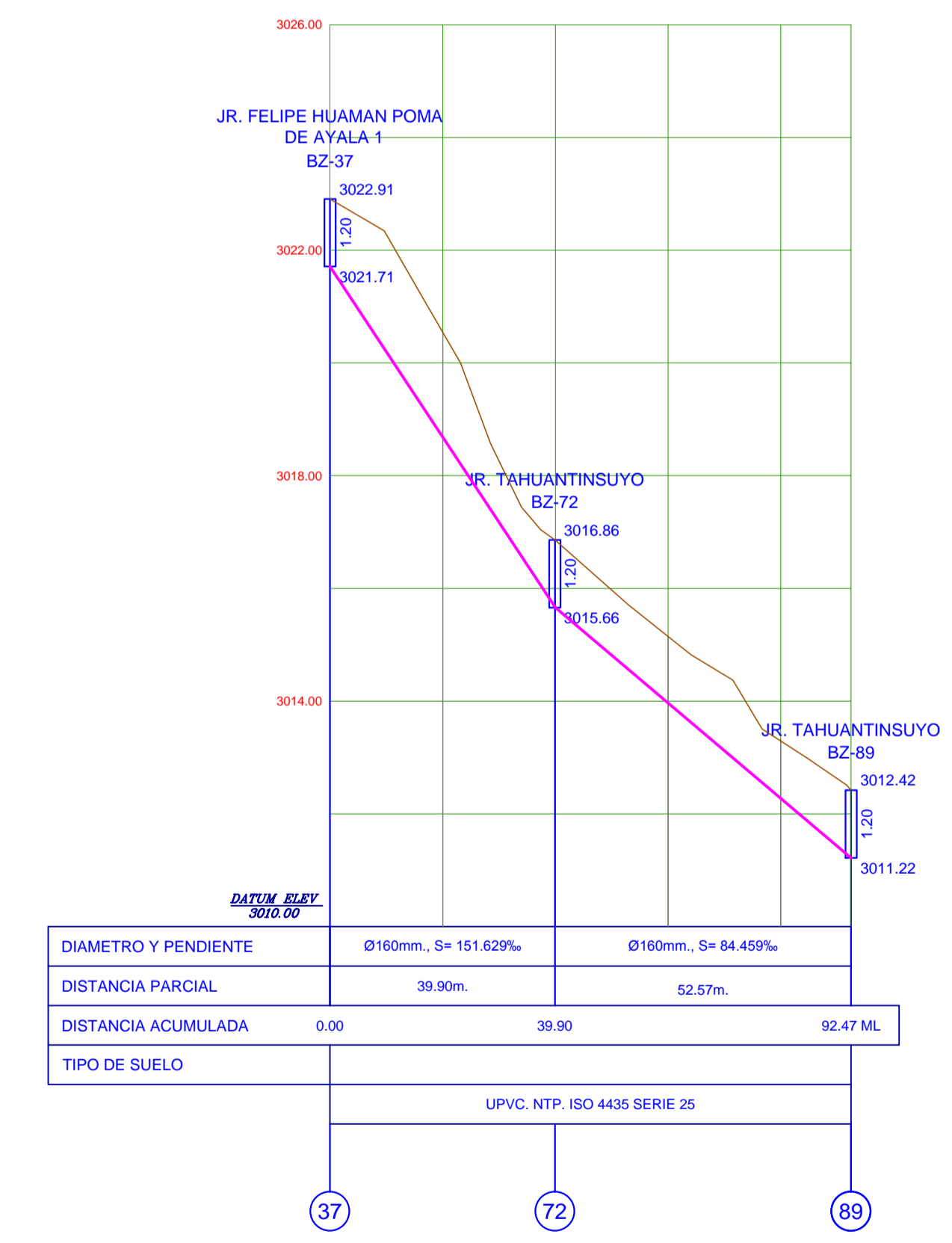
### JR. FELIPE ARANGO



### JR. FELIPE HUAMAN POMA DE AYALA 3



### JR. TAHUANTINSUYO



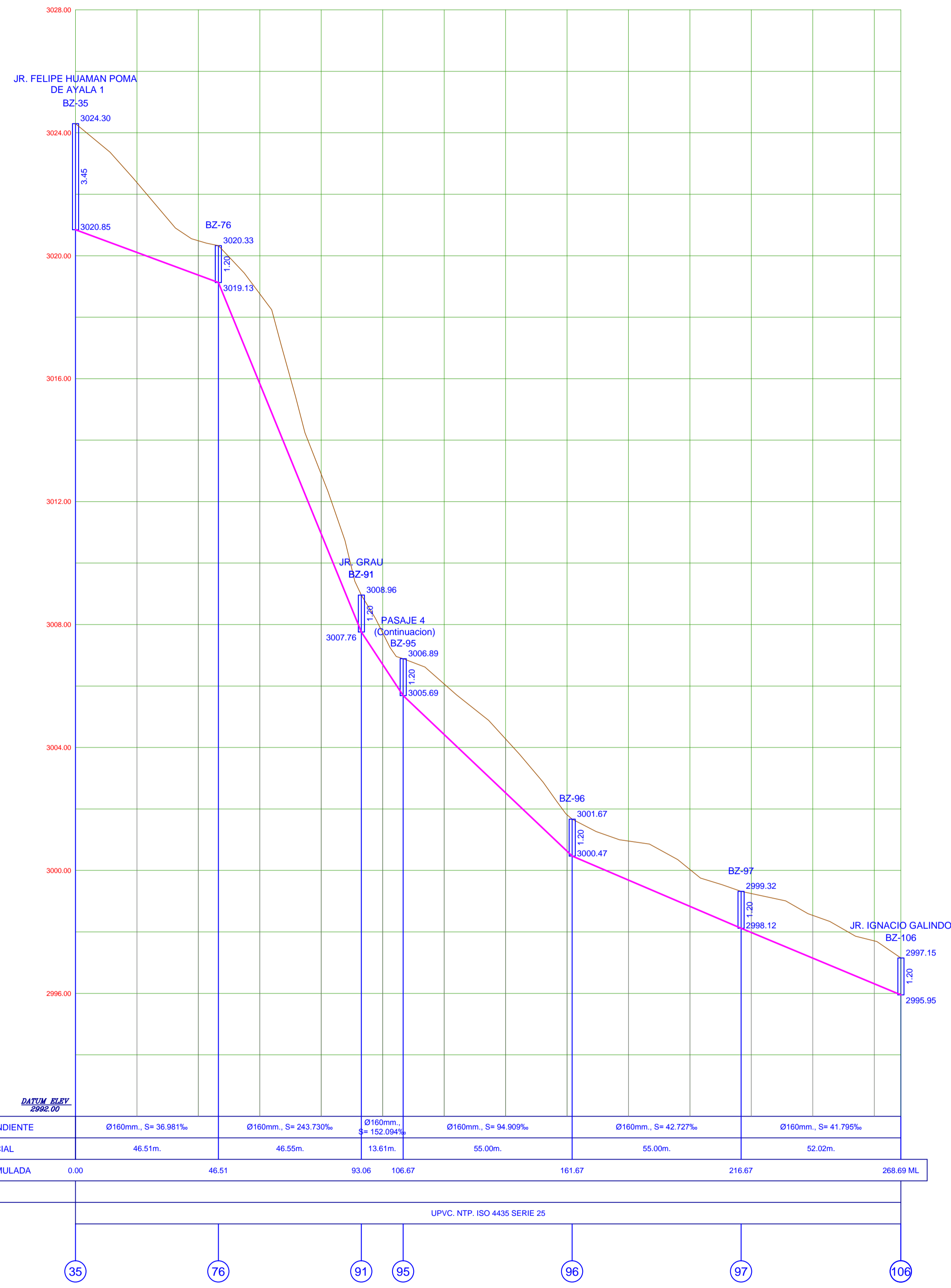
**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

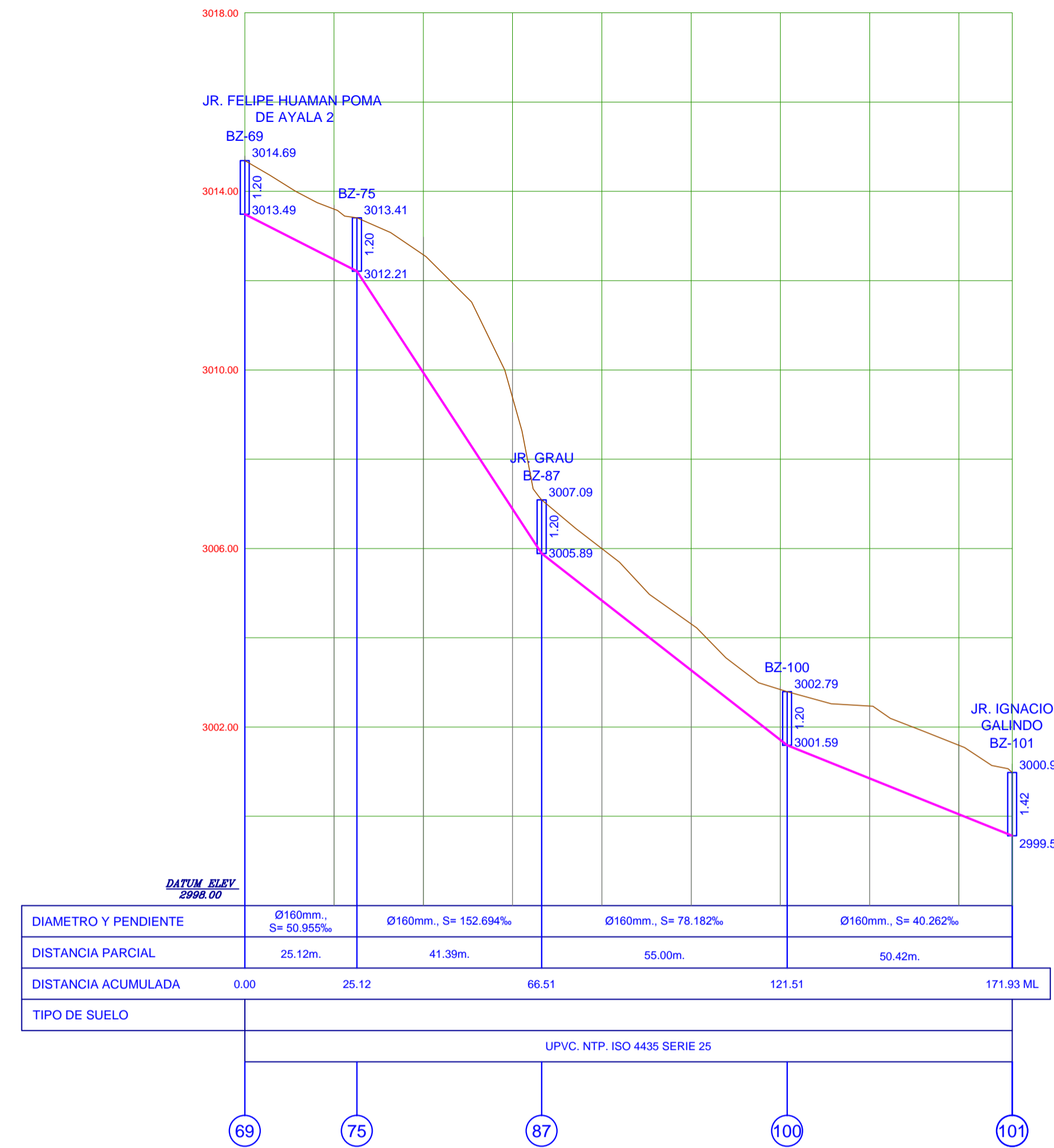
**PERFILES LONGITUDINALES**

BACHILLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	FECHA: JULIO - 2019 ESCALA: VER 1:100 HOR 1:1000	REGIÓN: LIBERTADORES DPTO.: AYACUCHO	PROV: LUCANAS DIST.: CABANA	LÁMINA: <b>PL-03</b>
-----------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------	-------------------------

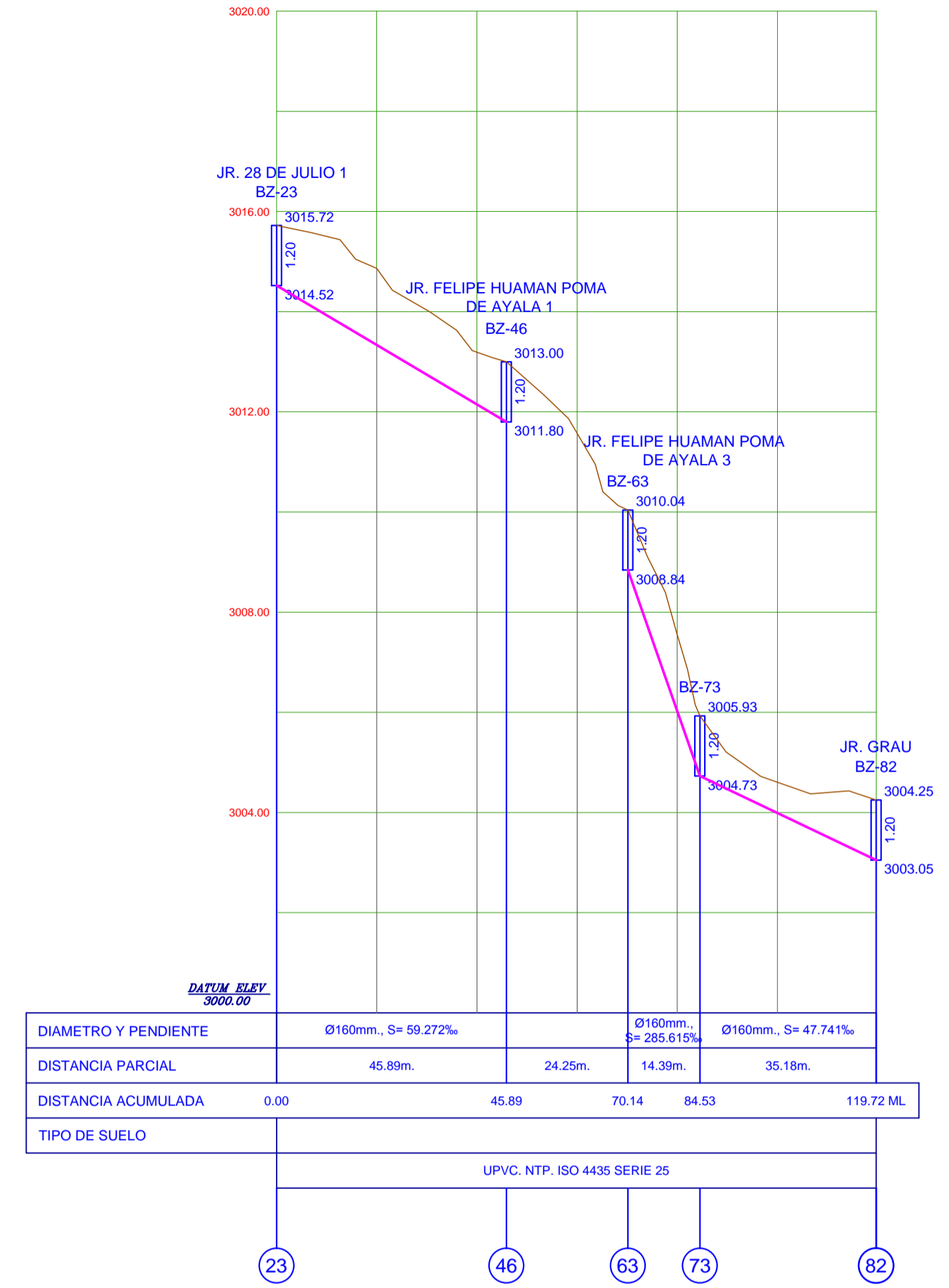
### AV. ALFONSO UGARTE



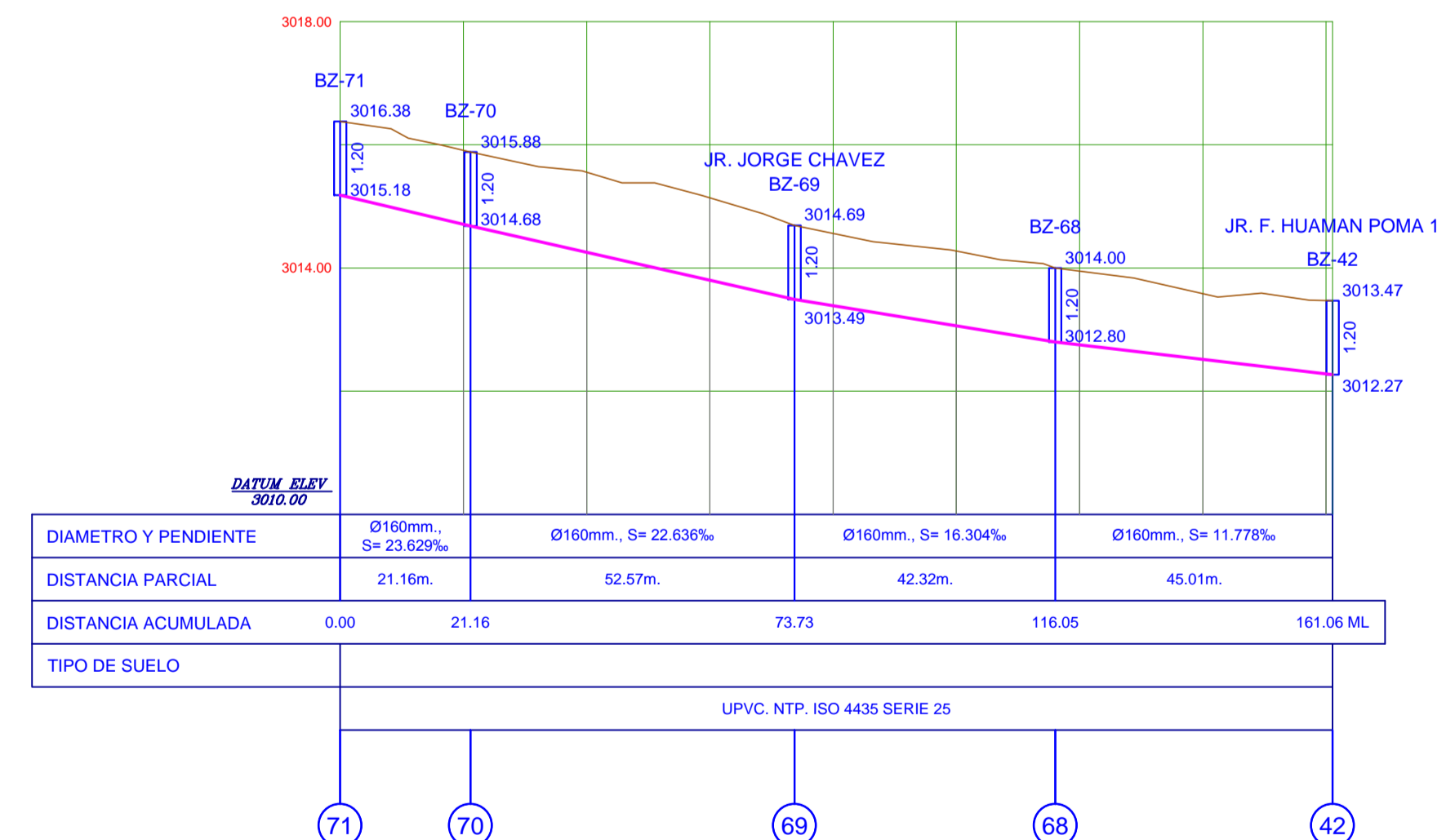
### JR. JORGE CHAVEZ



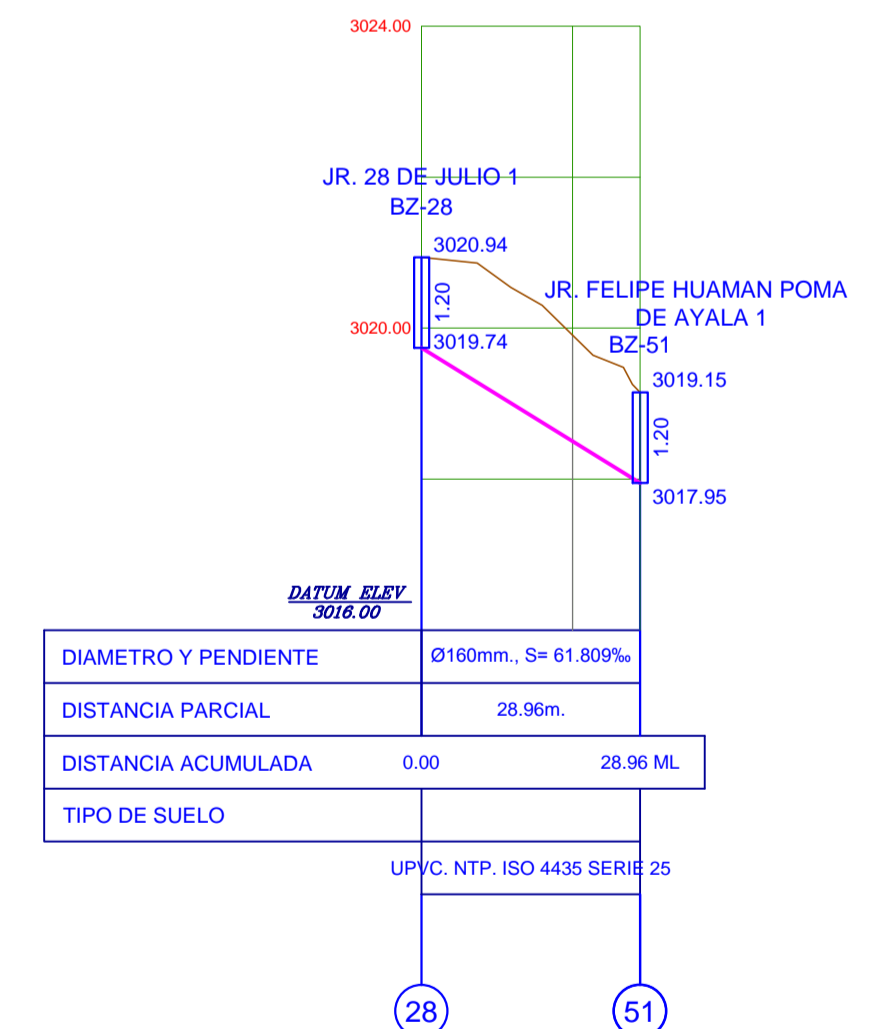
### JR. MARIANO MELGAR



### JR. FELIPE HUAMAN POMA DE AYALA 2



### JR. 28 DE JULIO 2



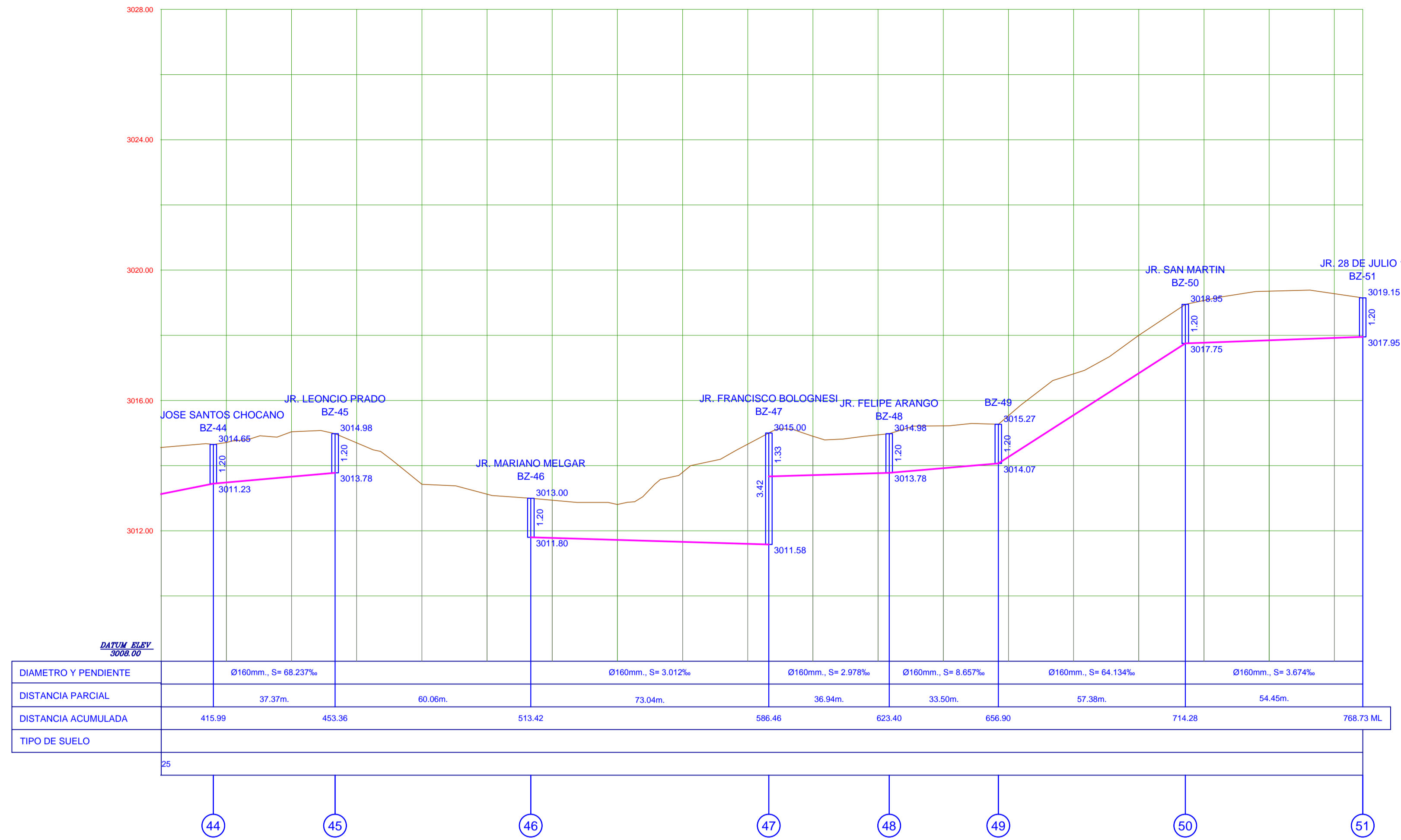
**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

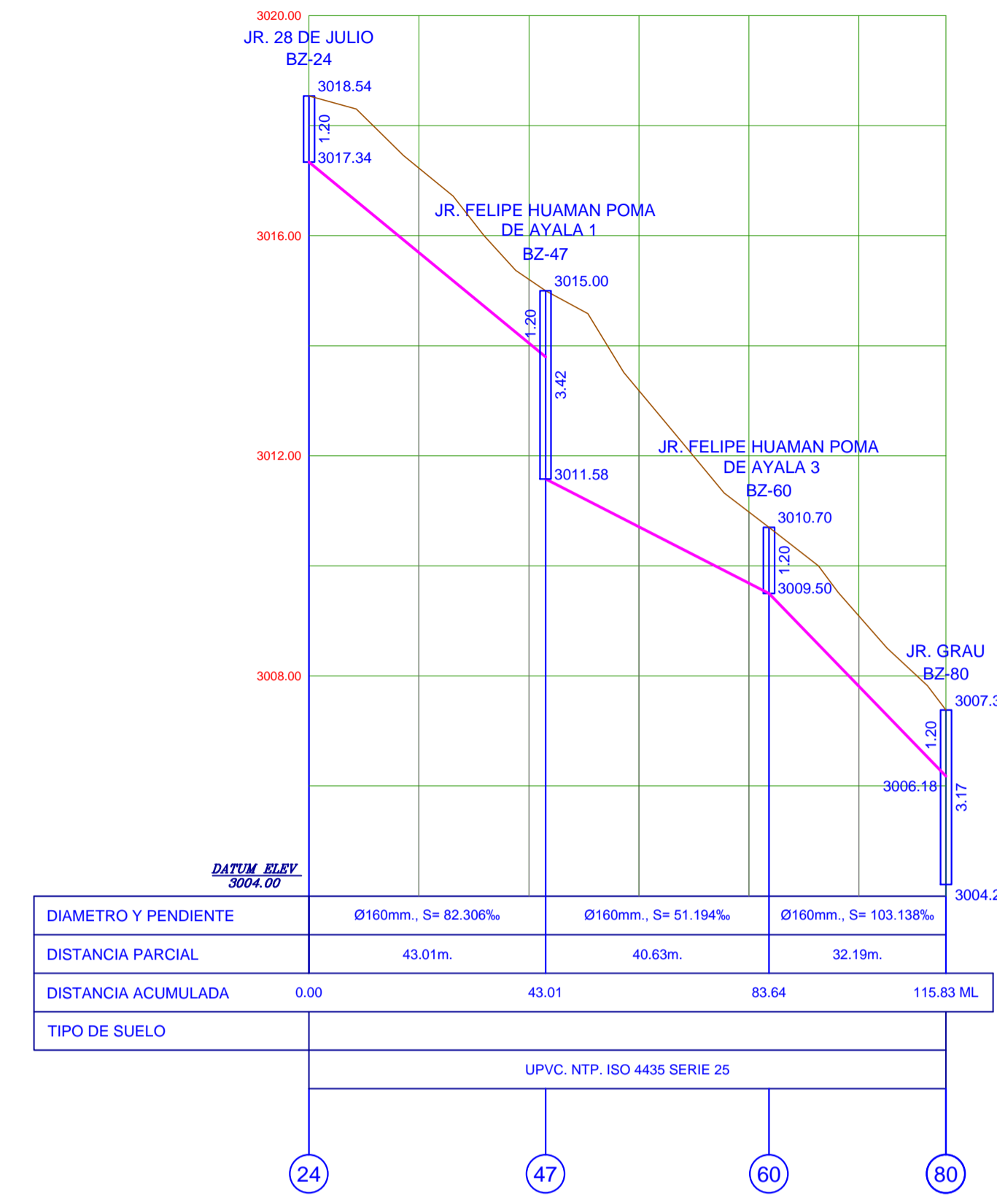
**PERFILES LONGITUDINALES**

BACHILLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	FECHA: JULIO - 2019 ESCALA: VER 1/100 HOR 1/1000	REGIÓN: LIBERTADORES DPTO.: AYACUCHO	PROV: LUCANAS DIST.: CABANA	LAMINA <b>PL-04</b>
-----------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------	------------------------

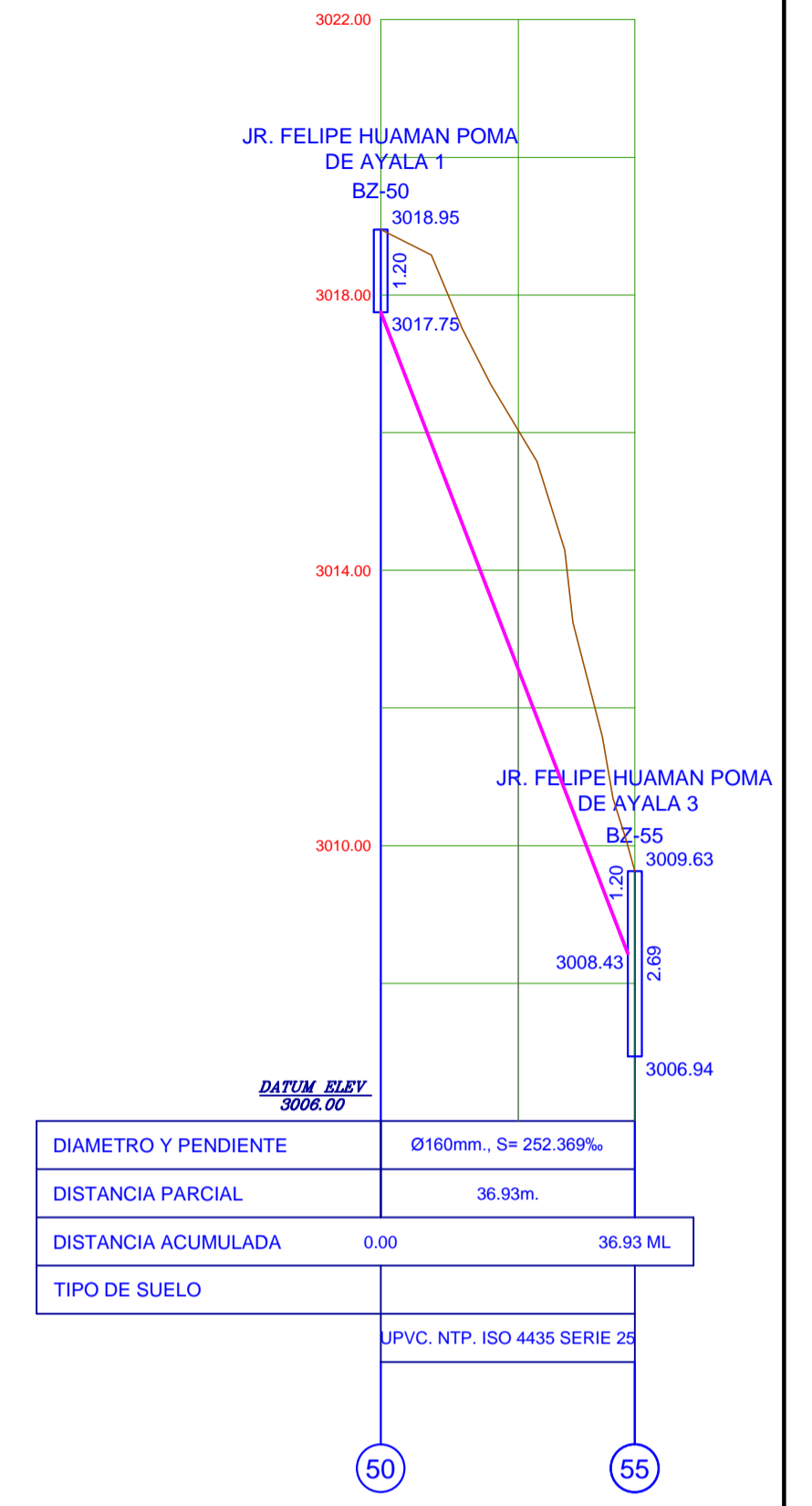
### JR. FELIPE HUAMAN POMA DE AYALA 1



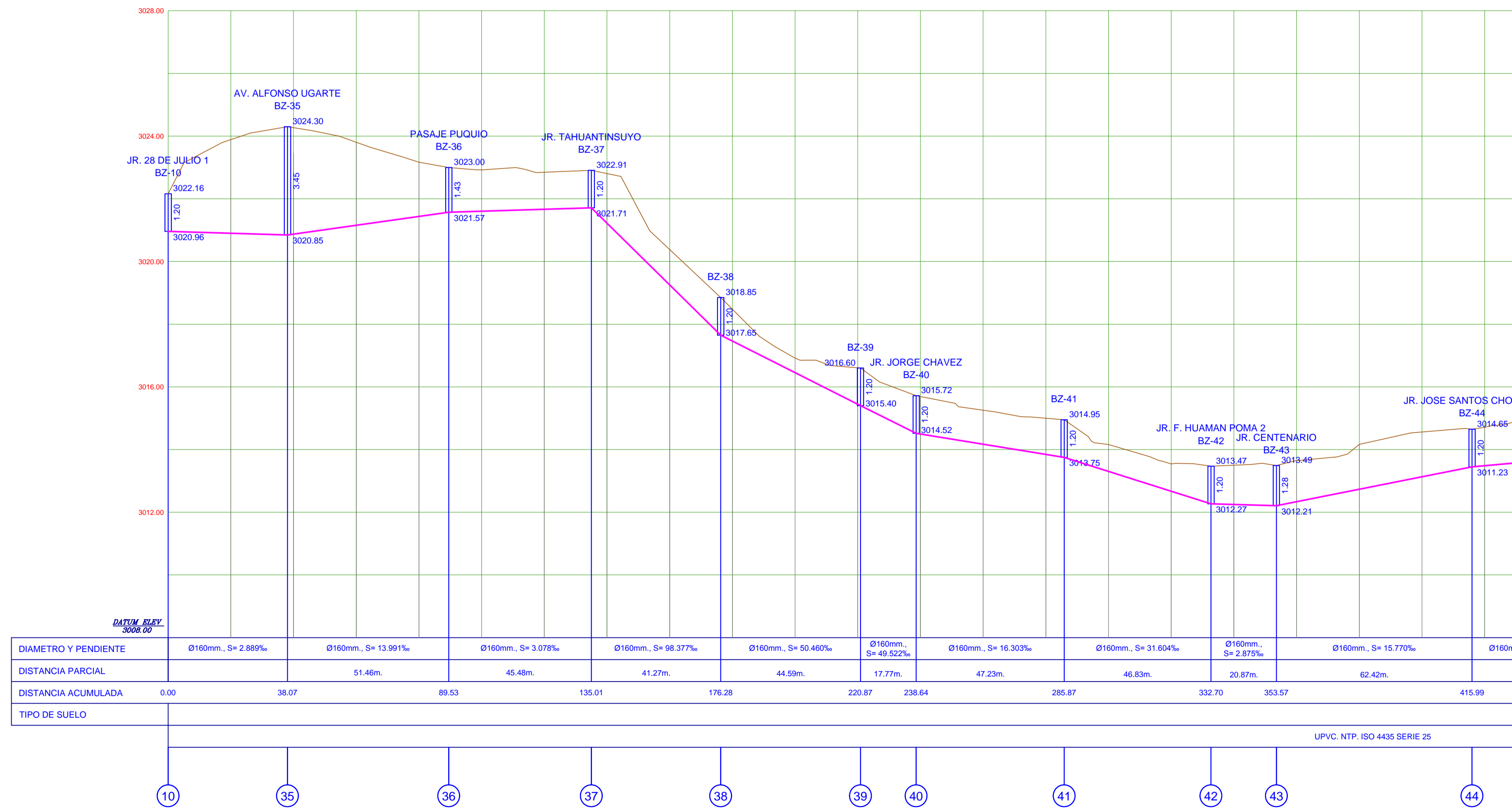
### JR. FRANCISCO BOLOGNESI



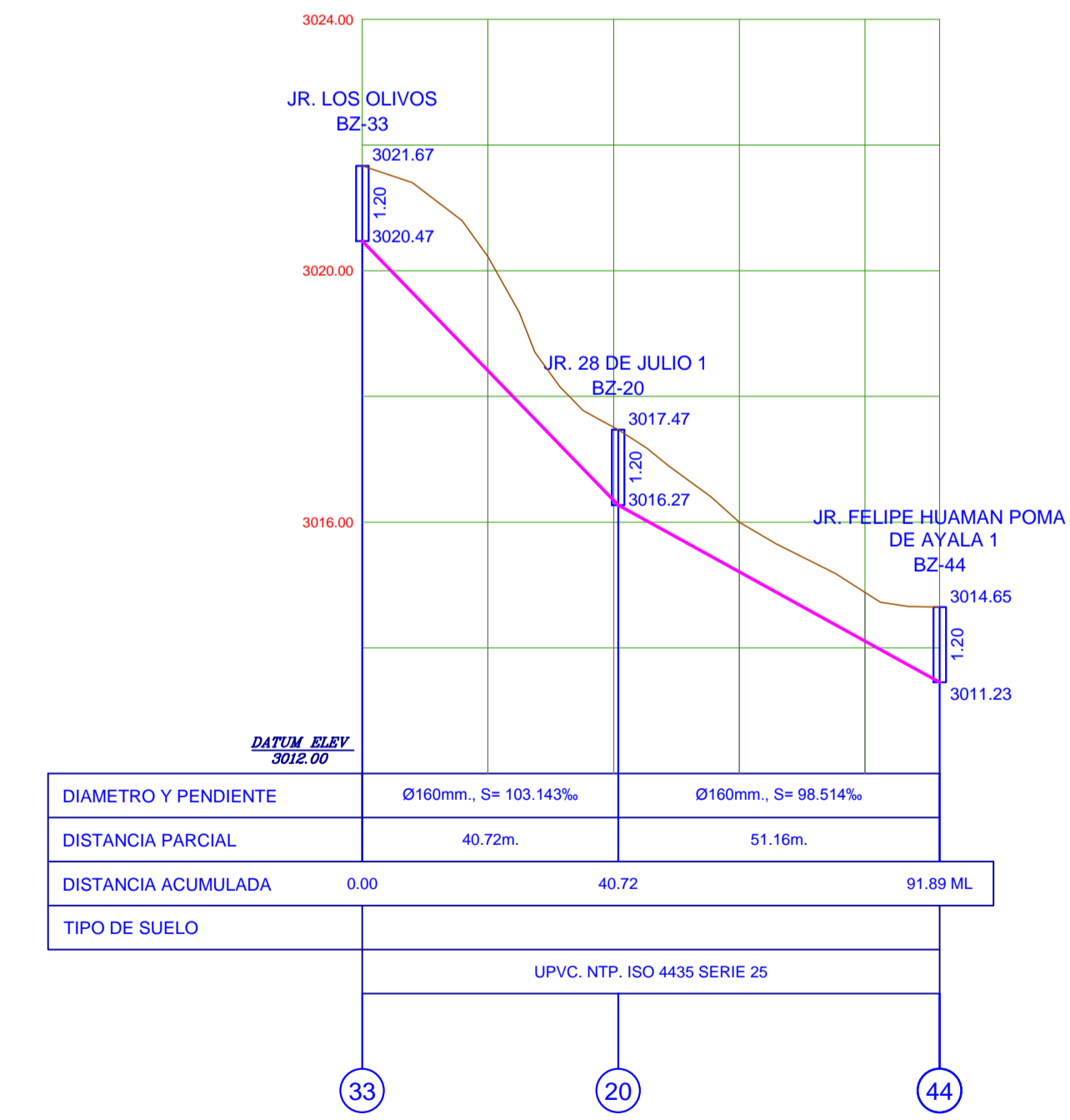
### JR. SAN MARTIN 1



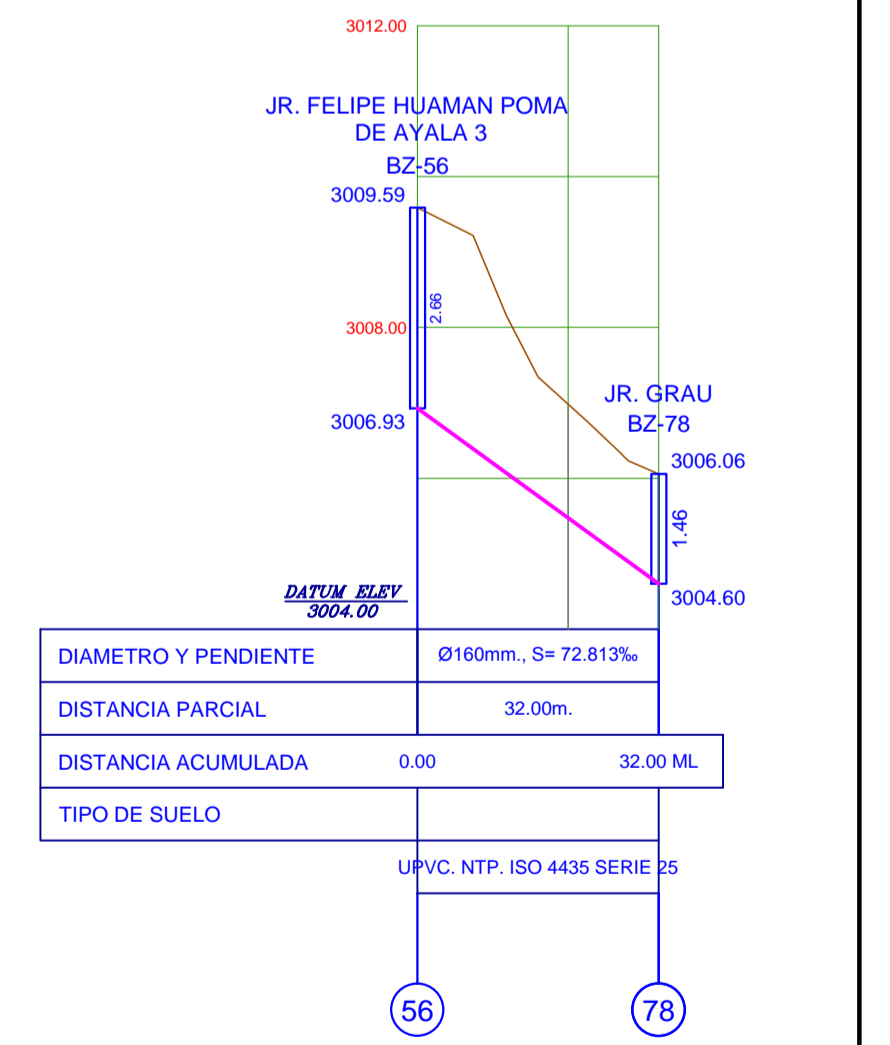
### JR. FELIPE HUAMAN POMA DE AYALA 1



### JR. JOSE SANTOS CHOCANO



### JR. SAN MARTIN 2



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



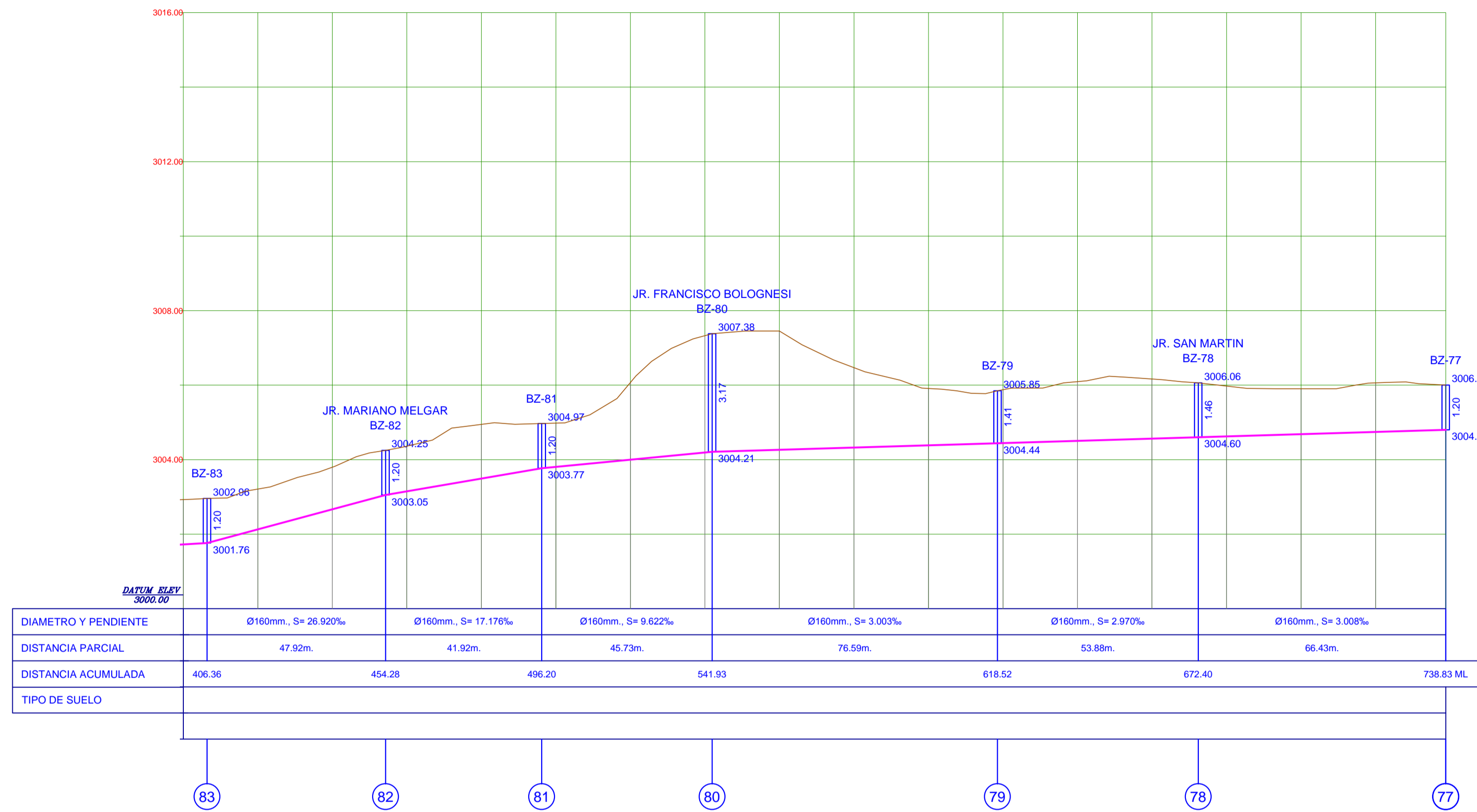
Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"



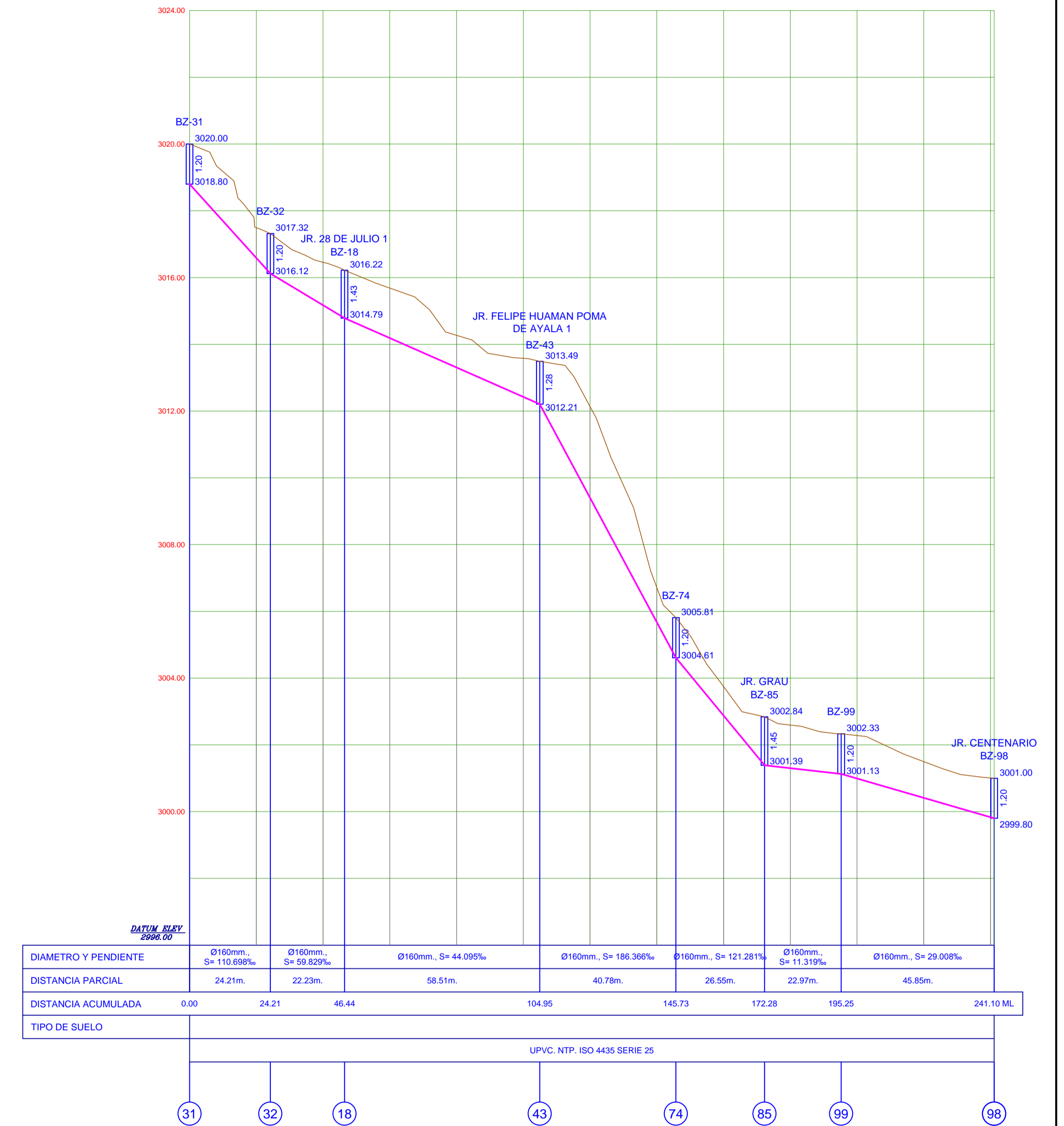
#### PERFILES LONGITUDINALES

BACHILLER:	FECHA:	REGION:	PROV:	LAMINA:
BACH, ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	JULIO - 2019	LIBERTADORES	LUCANAS	PL-05
	ESCALA:	DPTO:	DIST.:	
	VER 1/100 HOR 1/1000	AYACUCHO	CABANA	

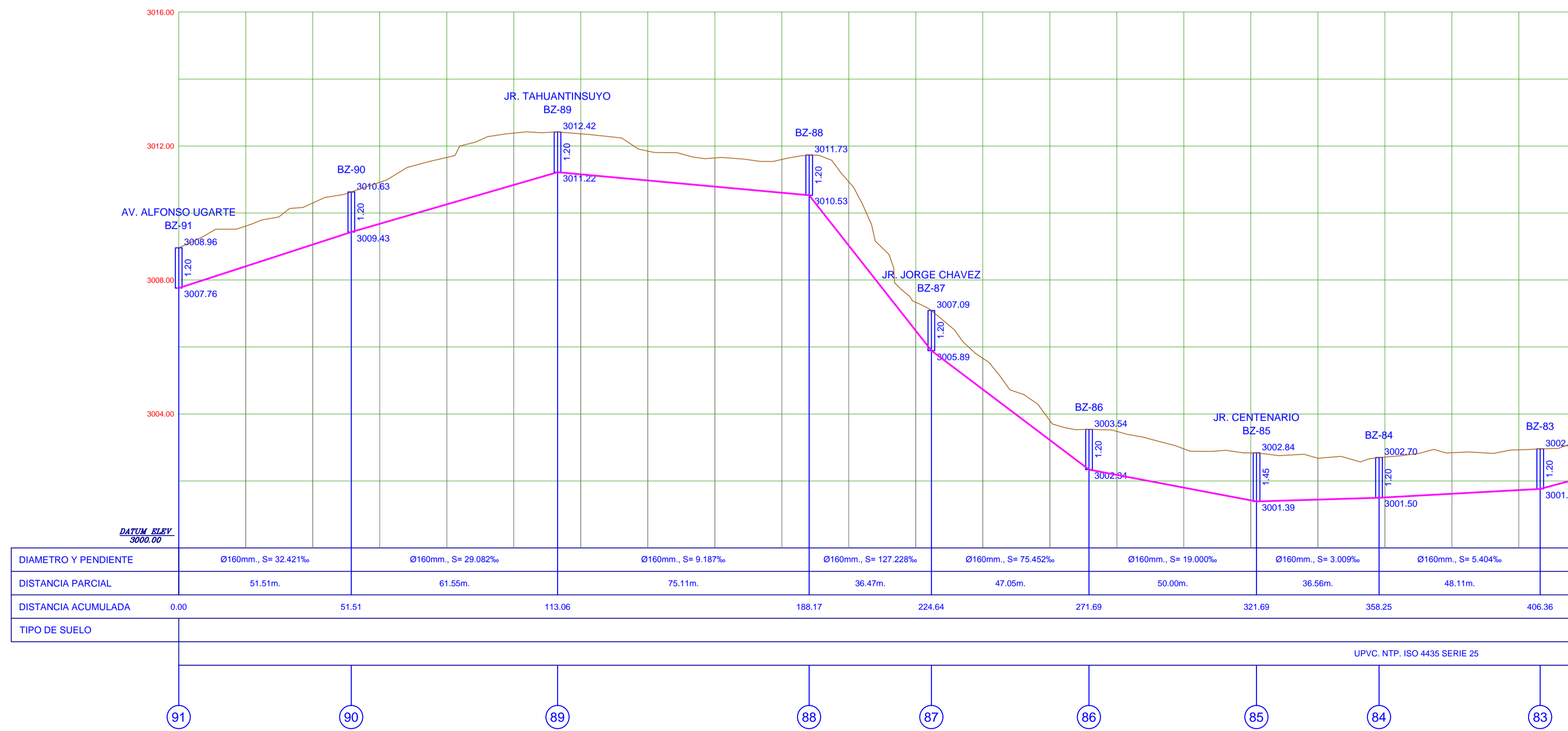
### JR. GRAU



### JR. CENTENARIO



### JR. GRAU



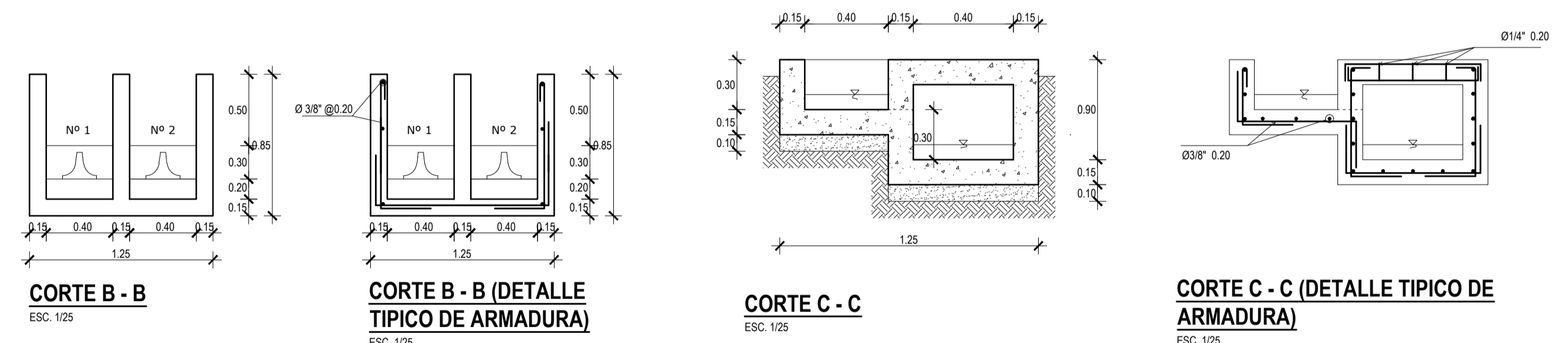
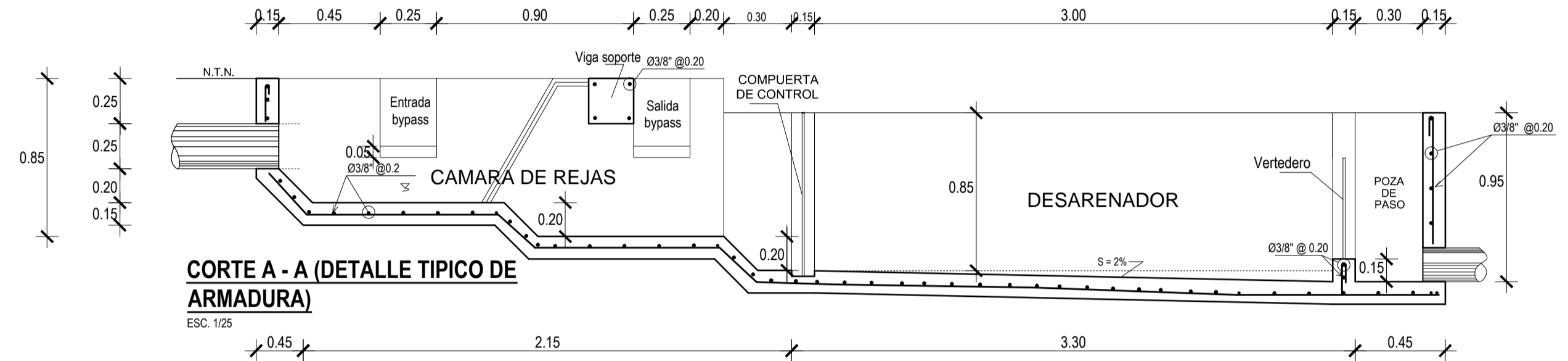
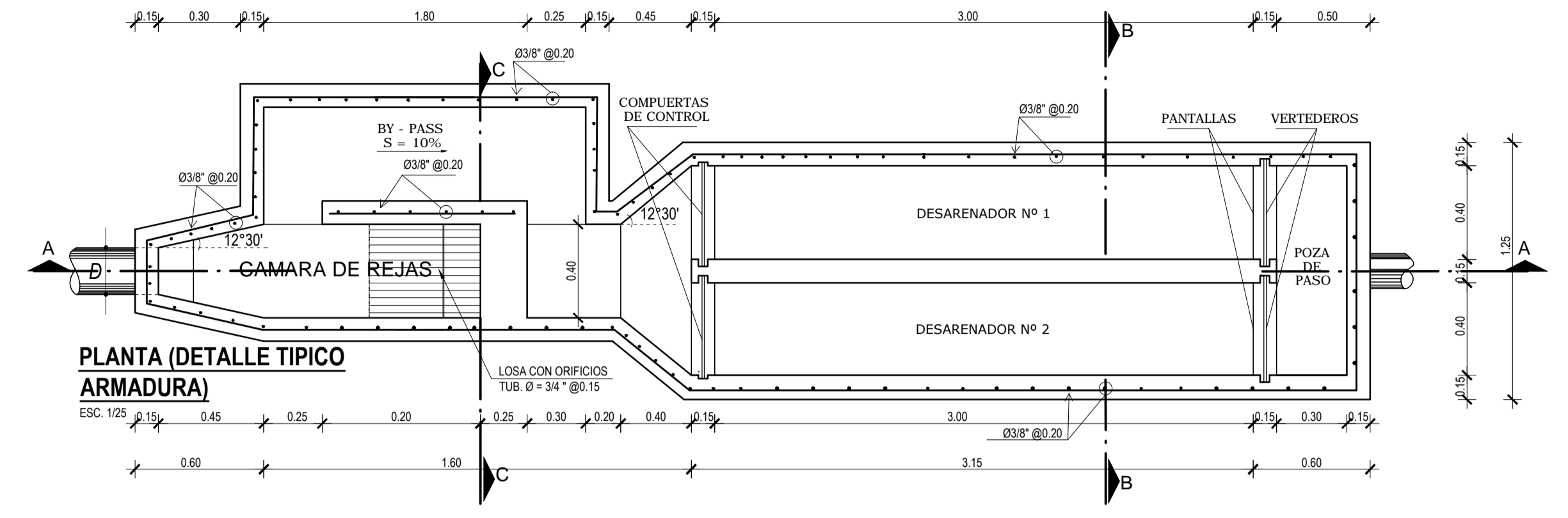
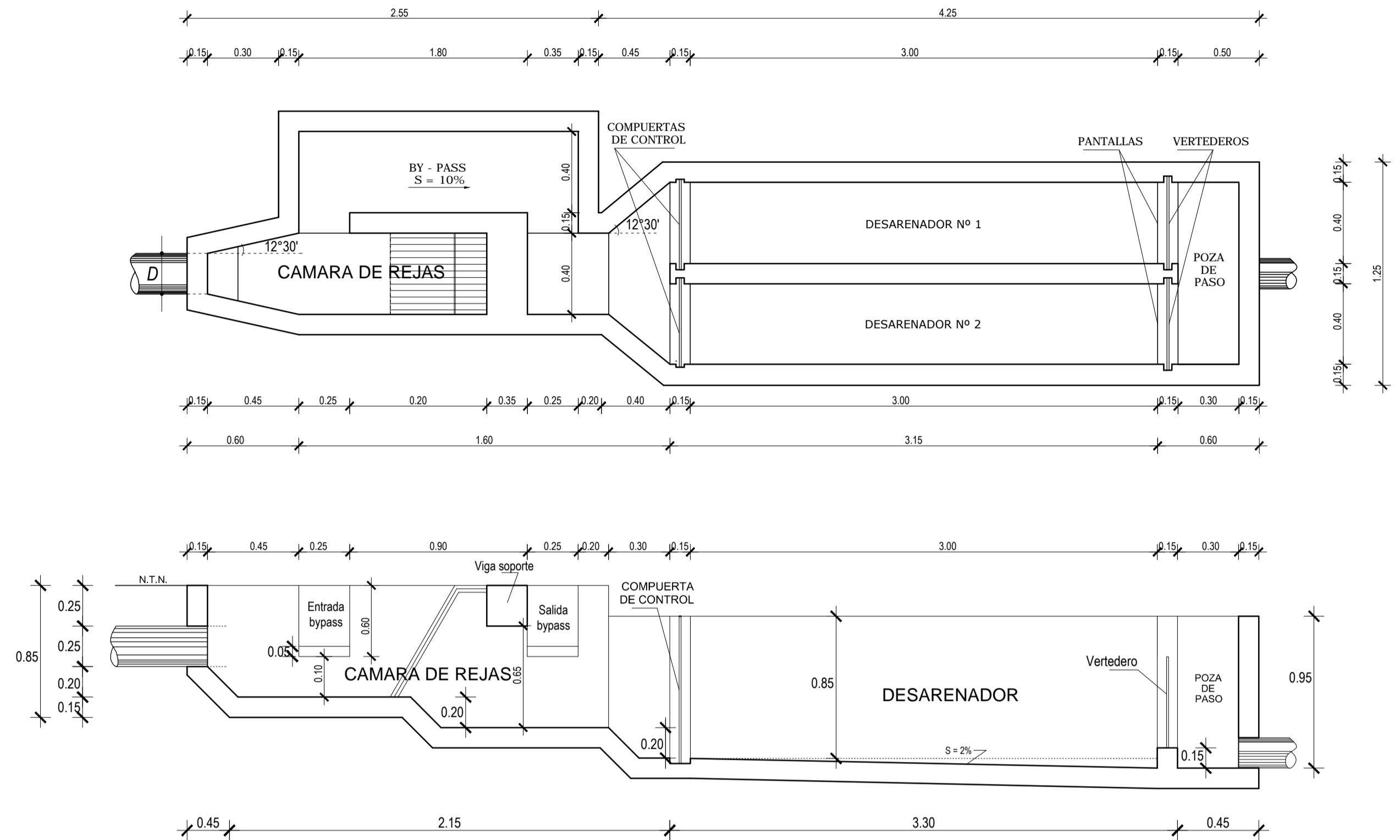
**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

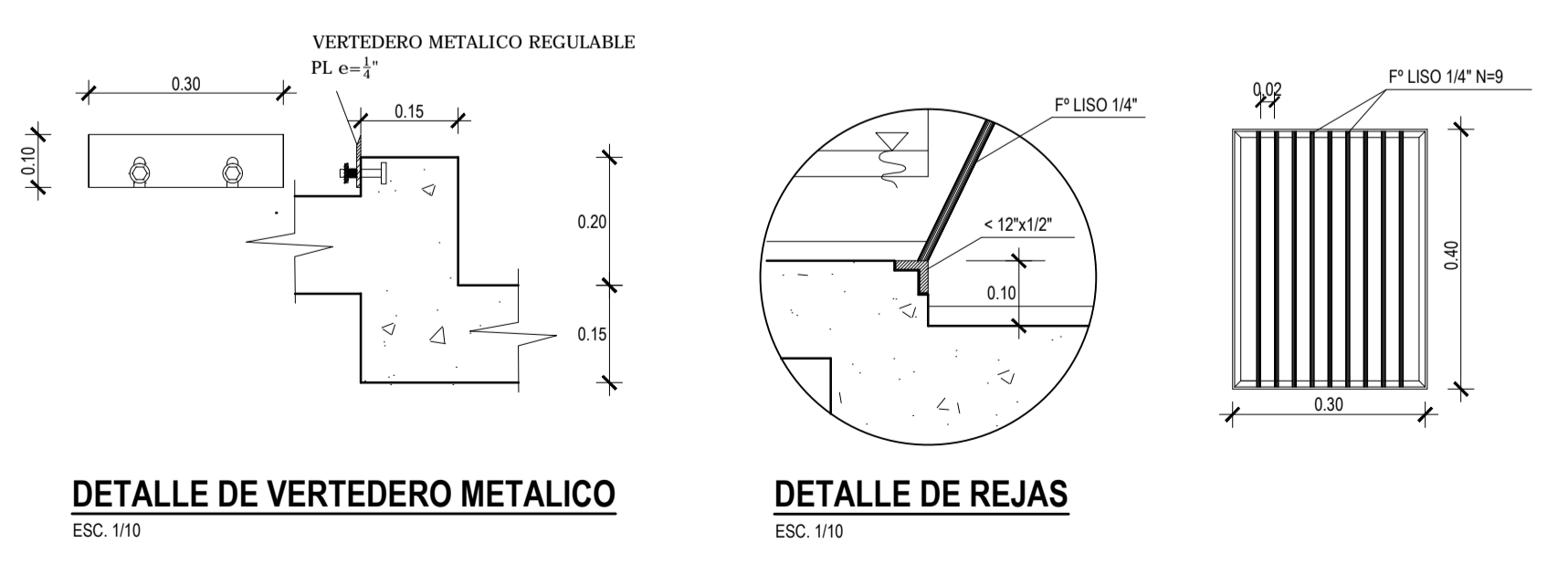
**PERFILES LONGITUDINALES**

BACHILLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	FECHA: JULIO - 2019 ESCALA: VER 1/100 HOR 1/1000	REGIÓN: LIBERTADORES DPTO.: AYACUCHO	PROV: LUCANAS DIST.: CABANA
-----------------------------------------------	--------------------------------------------------------	-----------------------------------------	--------------------------------

**PL-06**



ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO ARMADO	En losa de fondo $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
	En muros $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$
CONCRETO SIMPLE	Solado $e = 4"$ $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$
ACERO DE REFUERZO	Slider, Grado 60, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$
ESFUERZO PORTANTE DEL TERRENO	Mínimo $\sigma = 1.50 \text{ kg/cm}^2$
	En losa de fondo $R = 7.50 \text{ cm}$
RECUBRIMIENTOS	En Cimientos $R = 7.50 \text{ cm}$
	En muros $R = 5.00 \text{ cm}$
REVOQUES	En Losas macizas, columnas, vigas: $R = 3.0 \text{ cm}$
	En interiores con Impermeabilizante 1:2
	En exteriores solaqueado



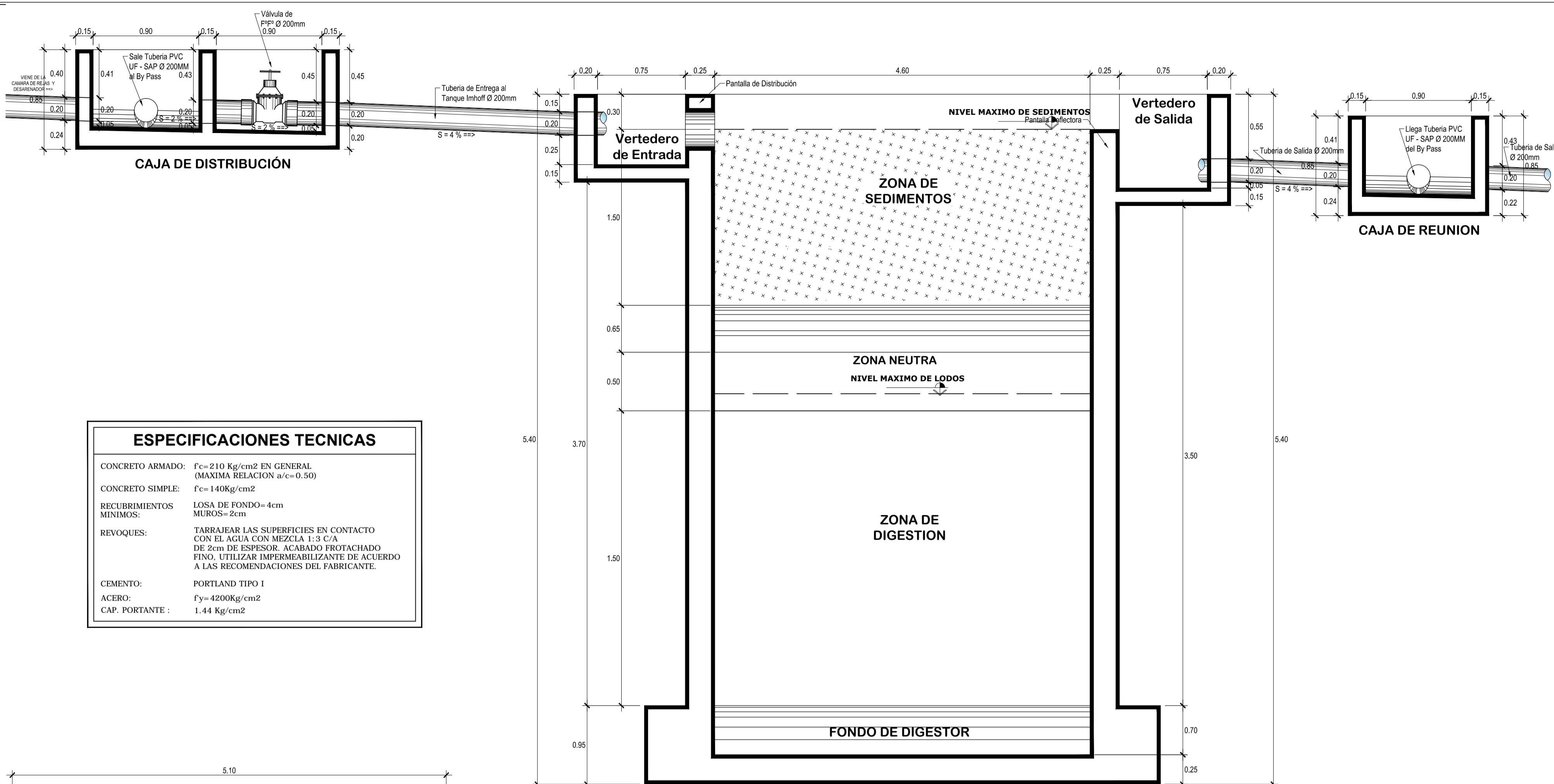
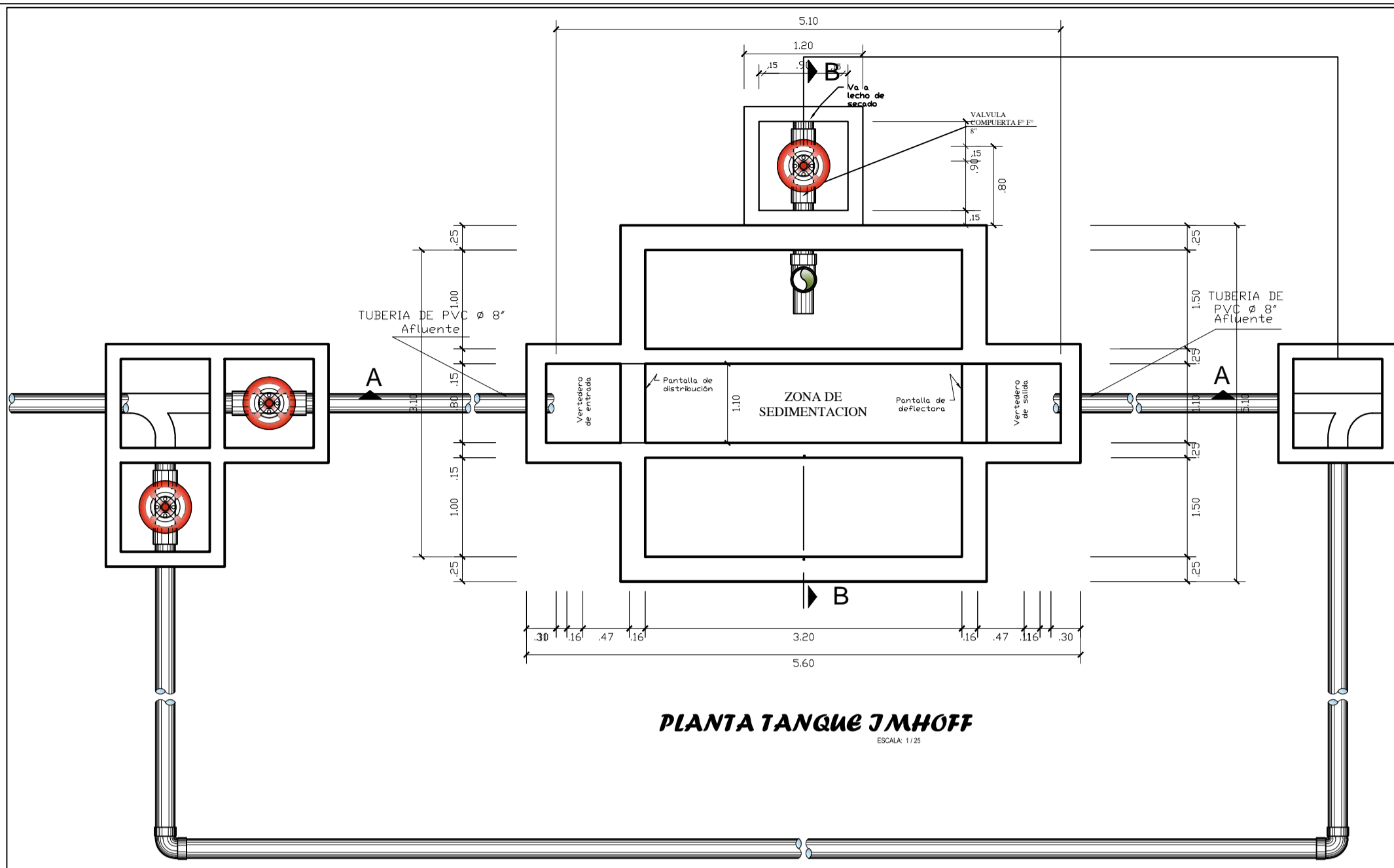
**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

**CAMARA DE REJAS: PLANTA Y ESTRUCTURAS**

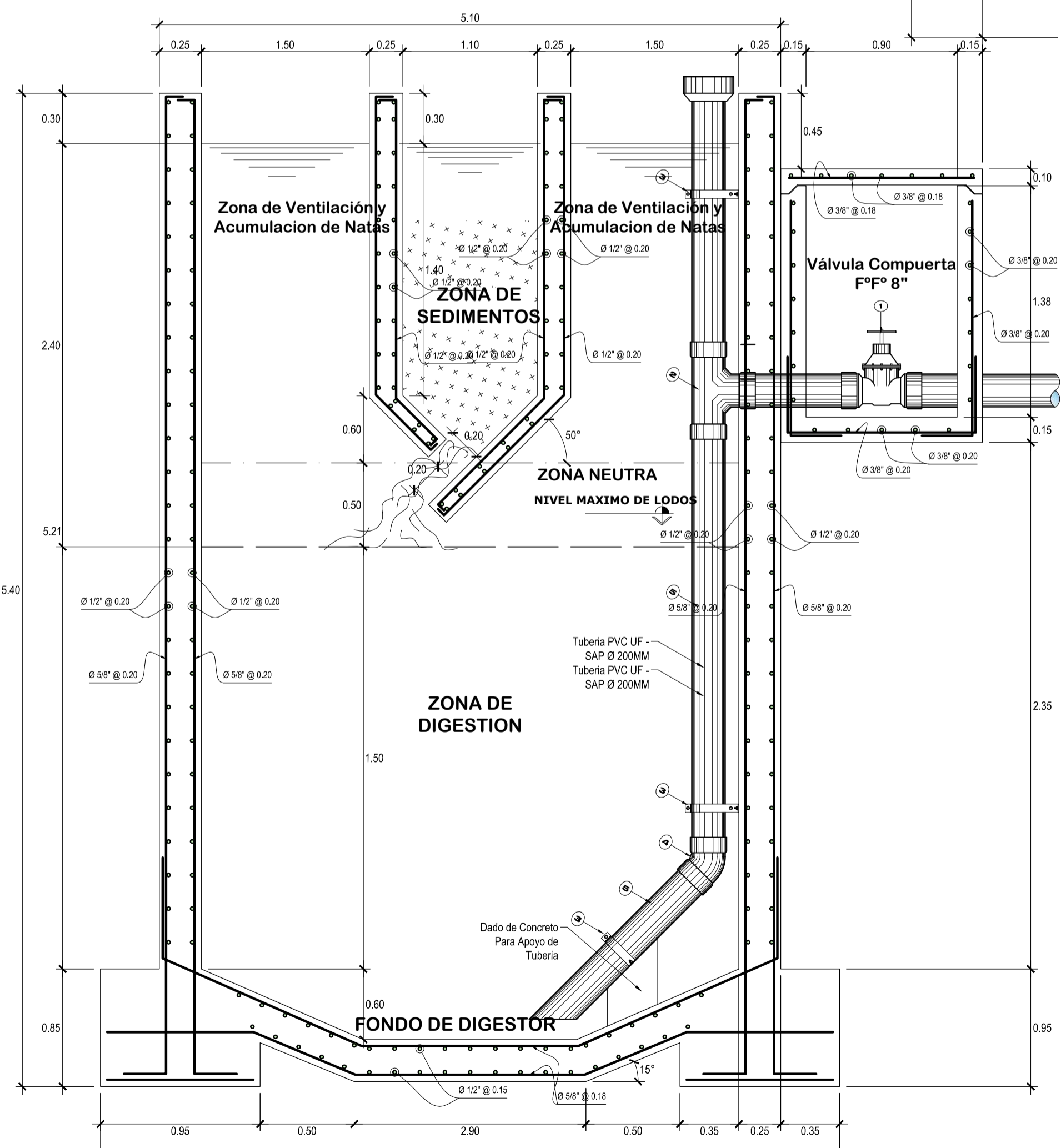
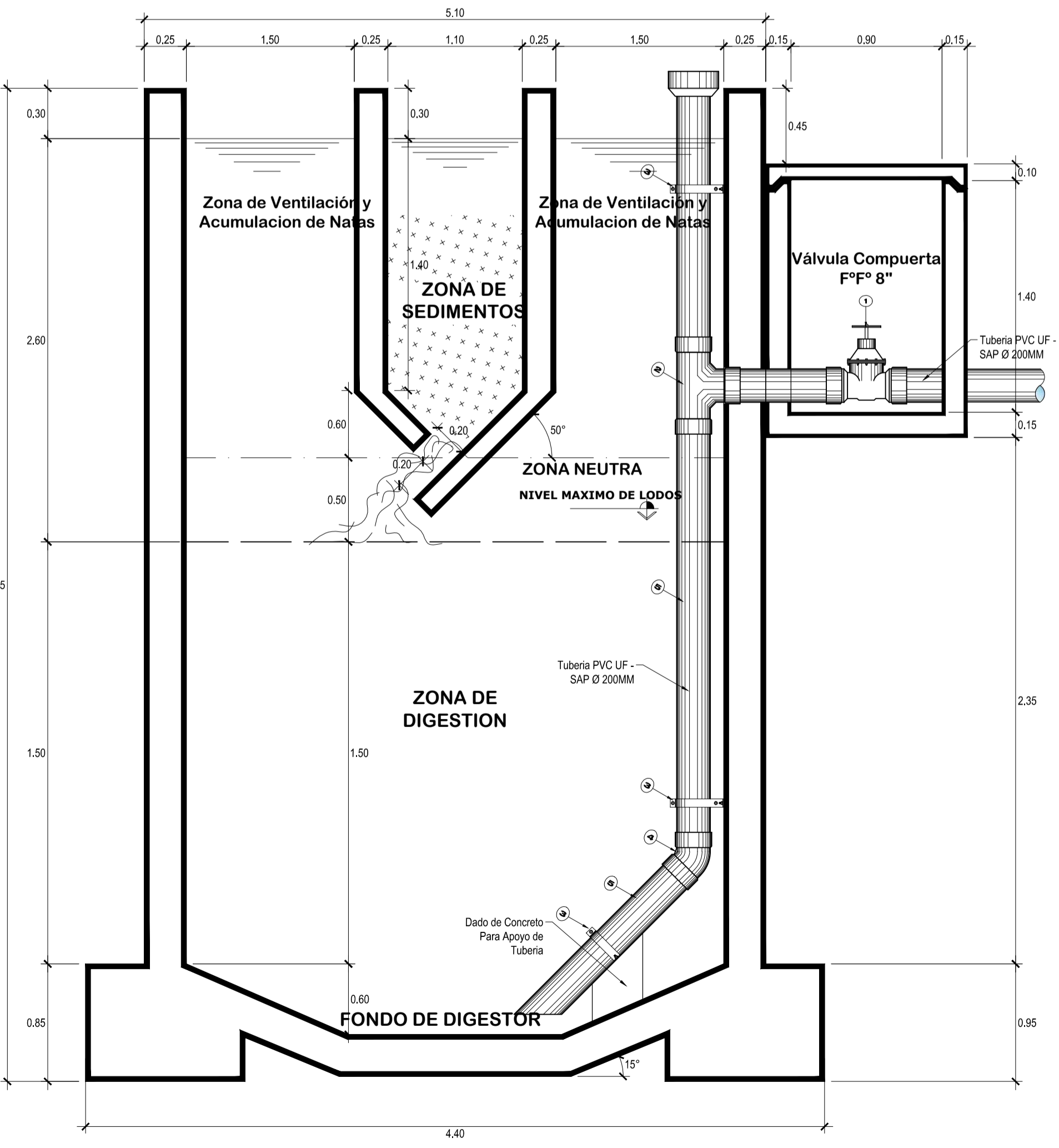
BACHILLER	FECHA: JULIO - 2019	REGIÓN: LIBERTADORES	PROV: LUCANAS
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	ESCALA: INDICADA	DPTO: AYACUCHO	DIST: CABANA

**CR-01**

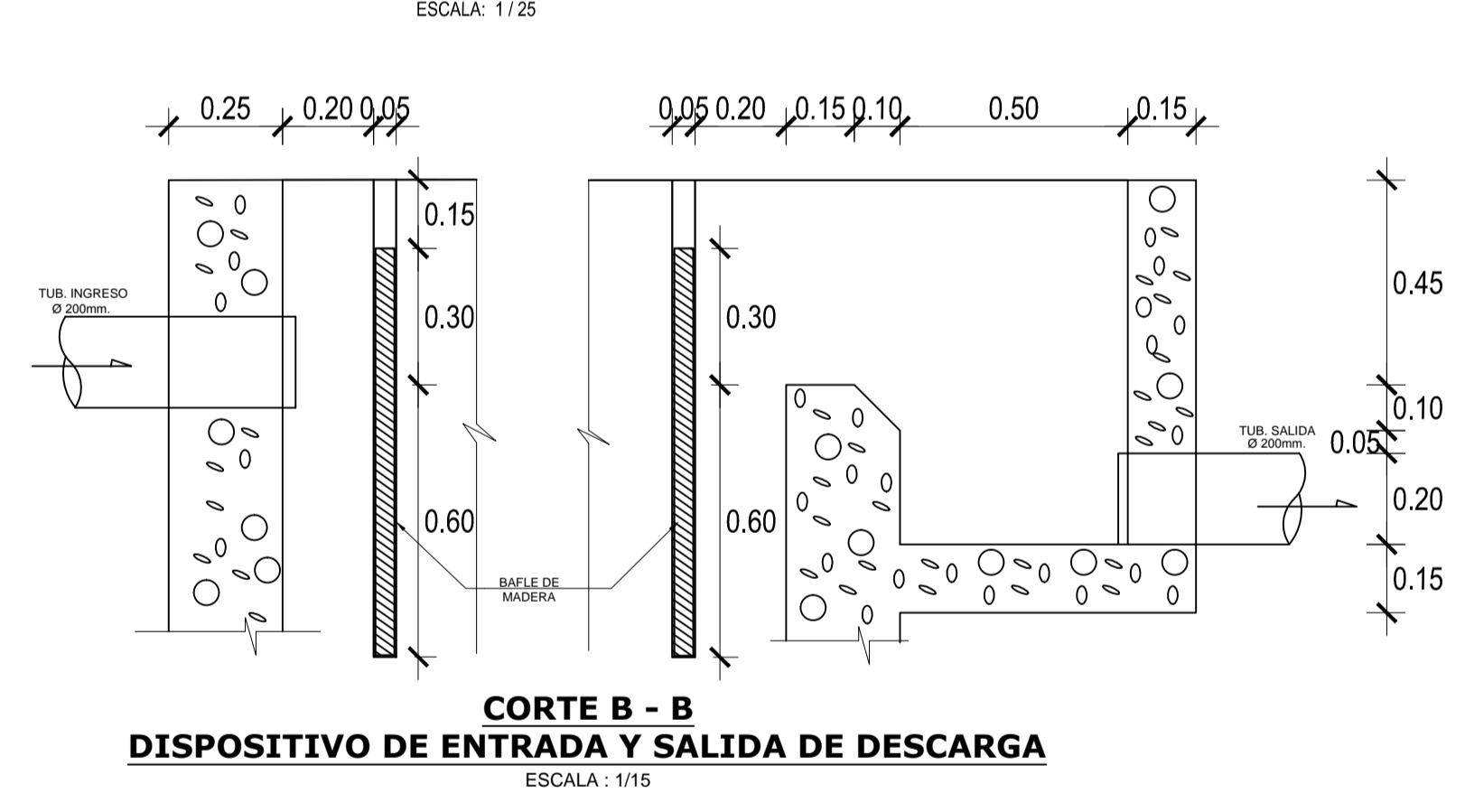


**ESPECIFICACIONES TECNICAS**

CONCRETO ARMADO:	$f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ EN GENERAL (MAXIMA RELACION a/c=0.50)
CONCRETO SIMPLE:	$f_c = 140 \text{ Kg/cm}^2$
RECUBRIMIENTOS MINIMOS:	LOSA DE FONDO=4cm MUIROS=2cm
REVOQUES:	TARRAJEAR LAS SUPERFICIES EN CONTACTO CON EL AGUA CON MEZCLA 1:3 C/A DE 2cm DE ESPESOR. ACABADO FROTACHADO FINO. UTILIZAR IMPERMEABILIZANTE DE ACUERDO A LAS RECOMENDACIONES DEL FABRICANTE.
CEMENTO:	PORTLAND TIPO 1
ACERO:	$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$
CAP. PORTANTE:	1.44 Kg/cm <sup>2</sup>



**CORTE A-A TANQUE JMHOFF**



**UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**

Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"

**DETALLE DE TANQUE IMHOFF**

BACHELLER: BACH. ELIO ELOY SOLIER ATQUIPA

FECHA: JULIO - 2019

REGION: LIBERTADORES

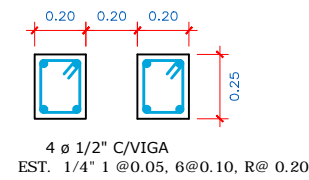
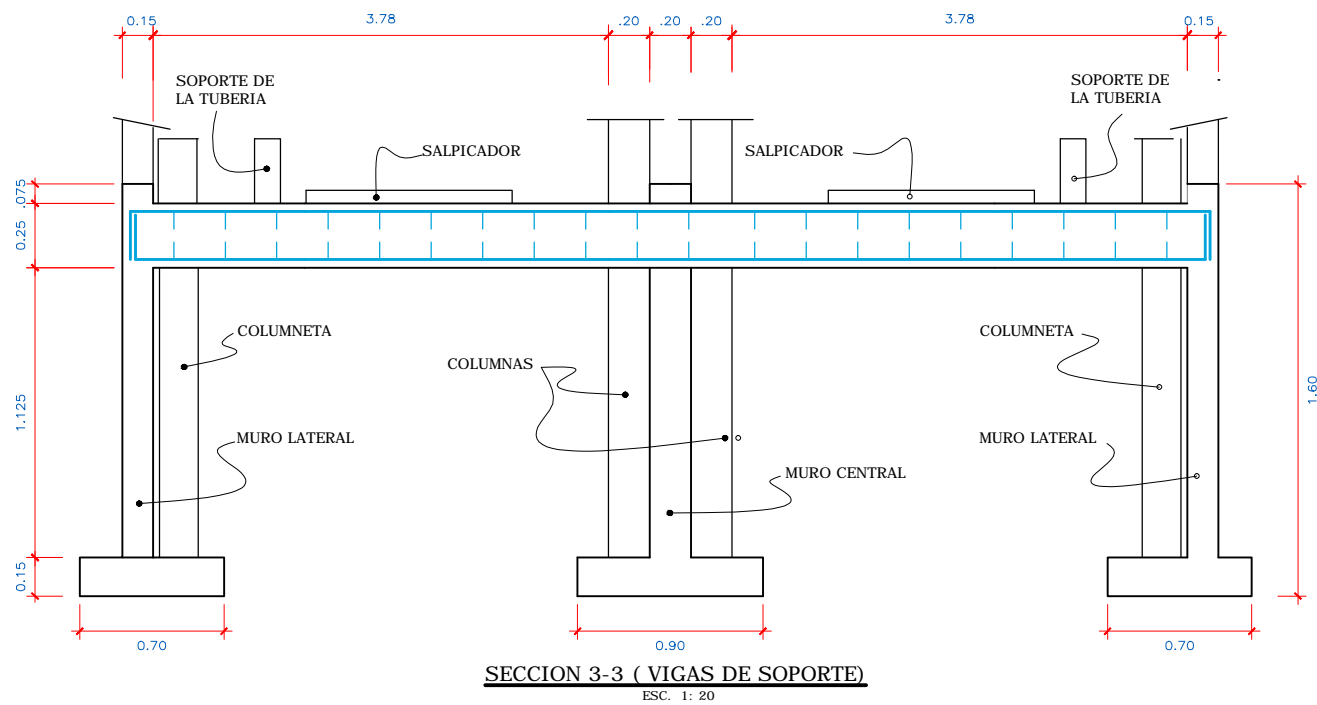
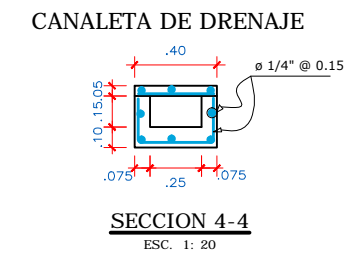
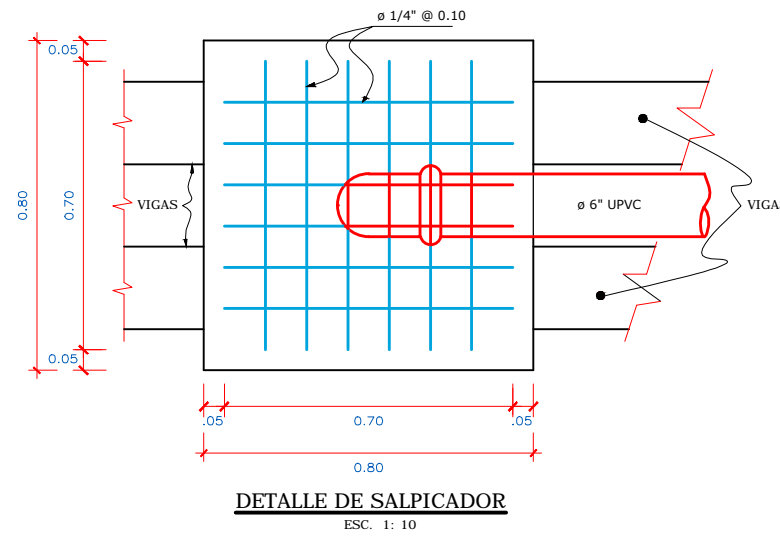
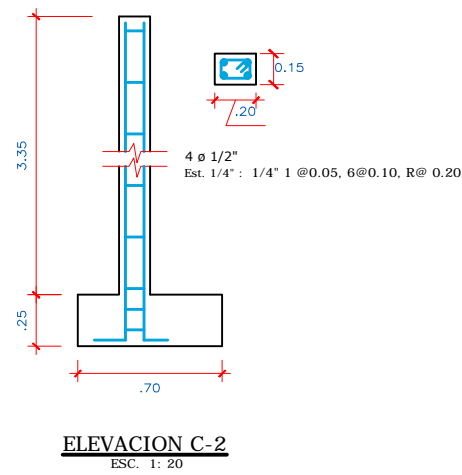
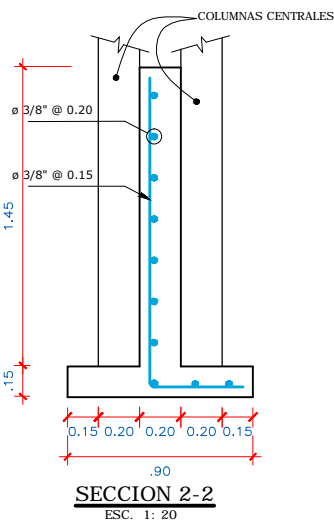
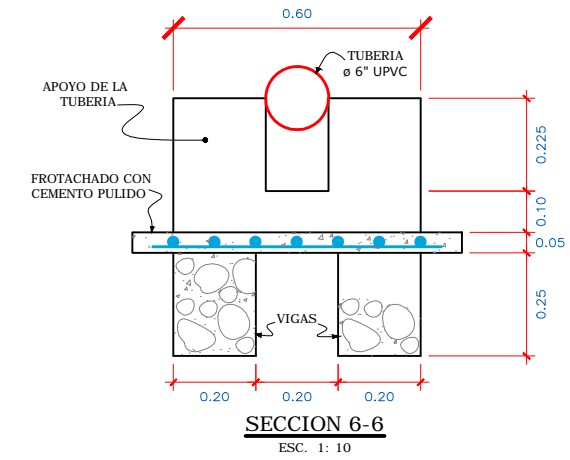
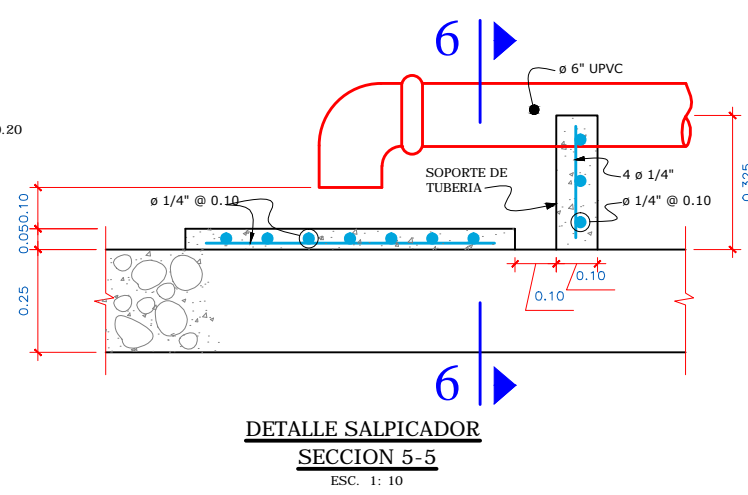
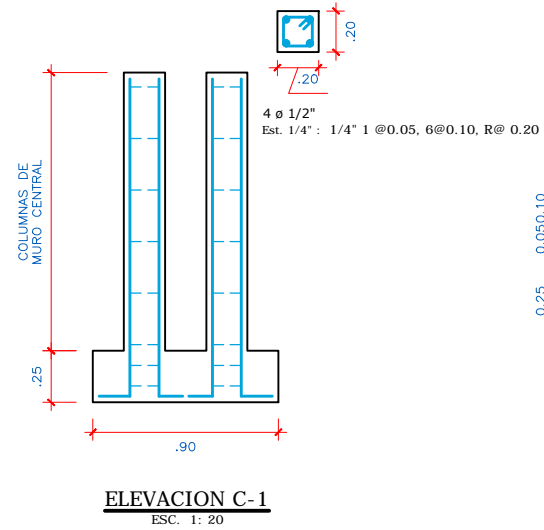
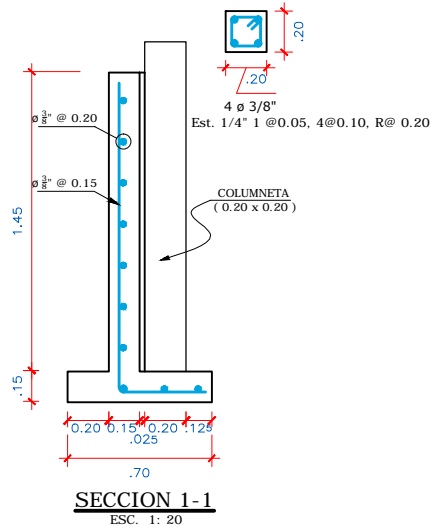
PROV: LUCANAS

ESCALA: INDICADA

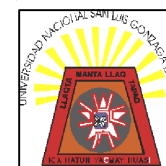
DPTO: AYACUCHO

DIST: CABANA

LAMINA: **PT-02**



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



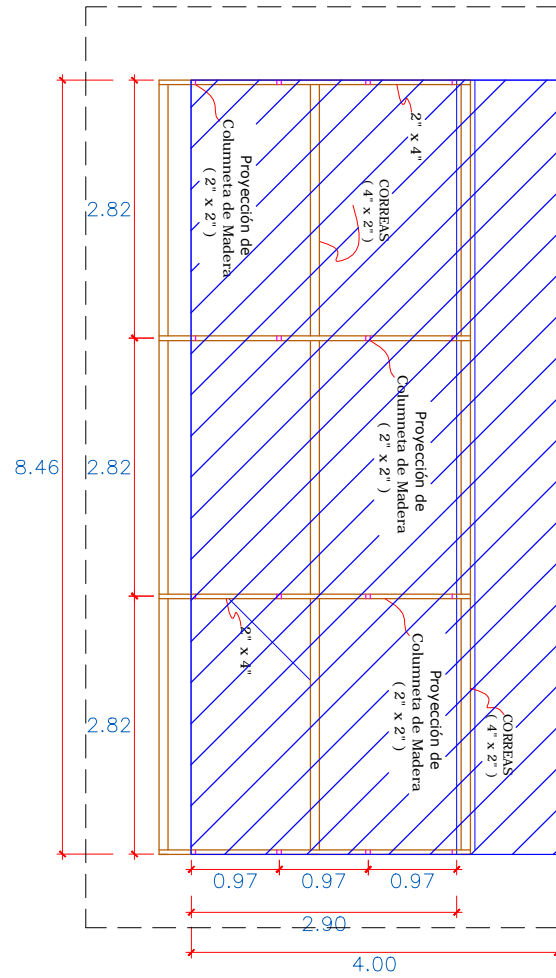
Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"



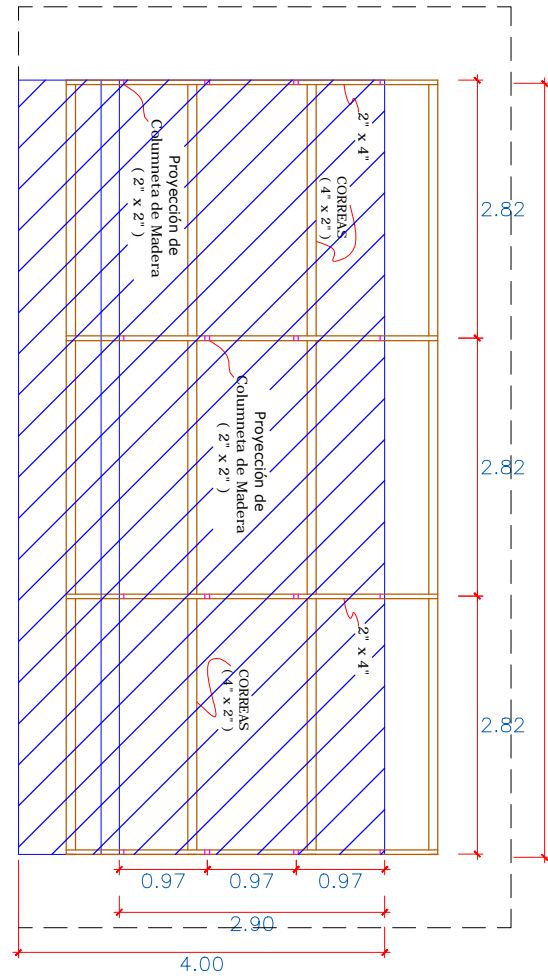
DETALLES DE ESTRUCTURAS - PTAR

BACHILLER:	FECHA: JULIO - 2019	REGIÓN: LIBERTADORES	PROV: LUCANAS
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	ESCALA: INDICADA	DPTO: AYACUCHO	DIST: CABANA

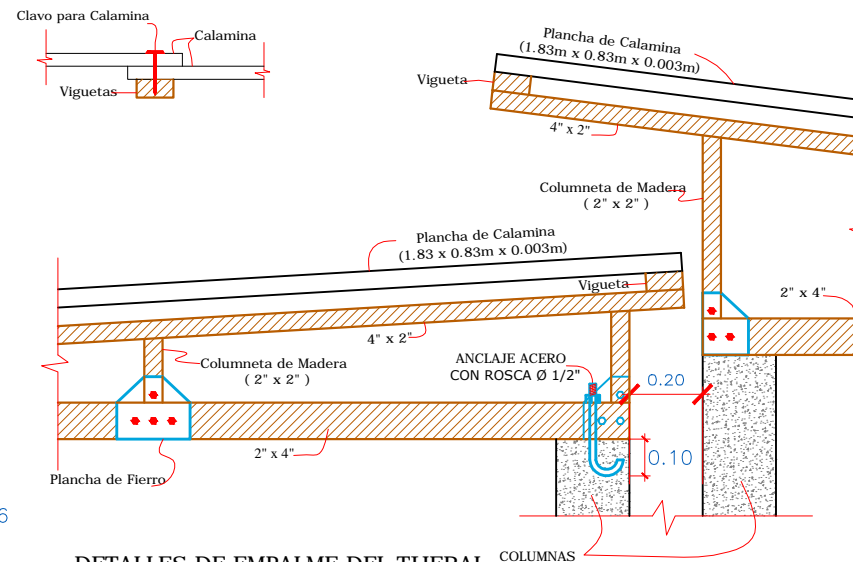
LAMINA:  
**LS-02**



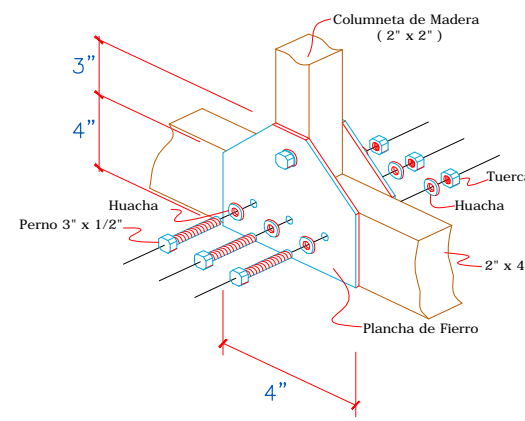
**COBERTURA DE LECHO DE SECADO ( PLANTA )**  
ESCALA 1/50



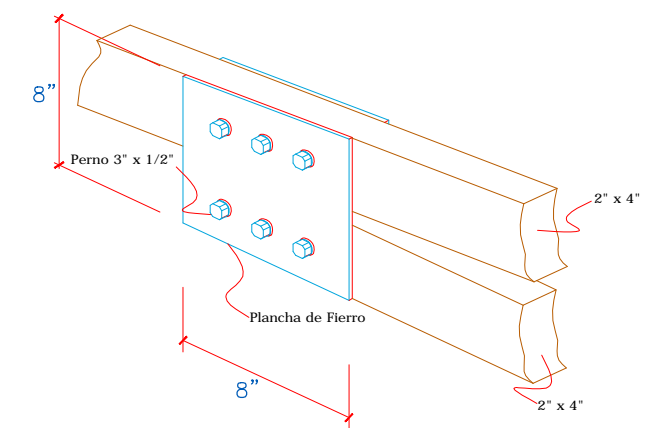
**COBERTURA**



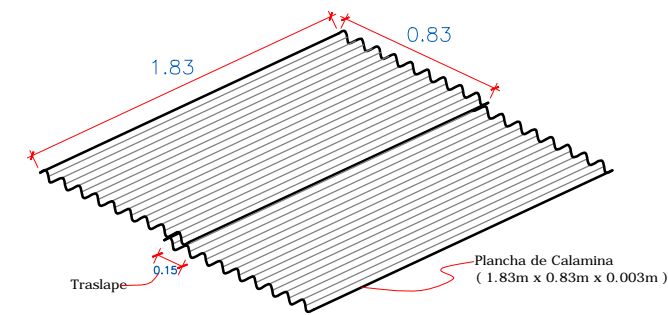
**DETALLES DE EMPALME DEL TIJERAL**  
ESCALA 1/12.5



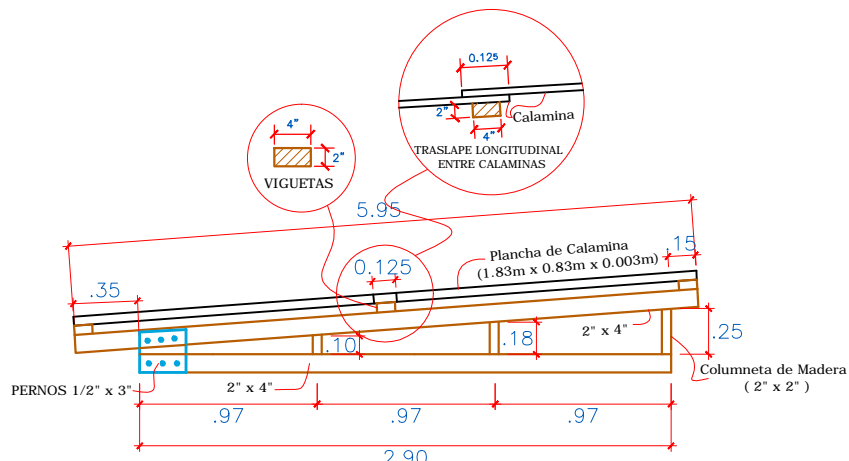
**DETALLE DE PLANCHA DE FIERRO**



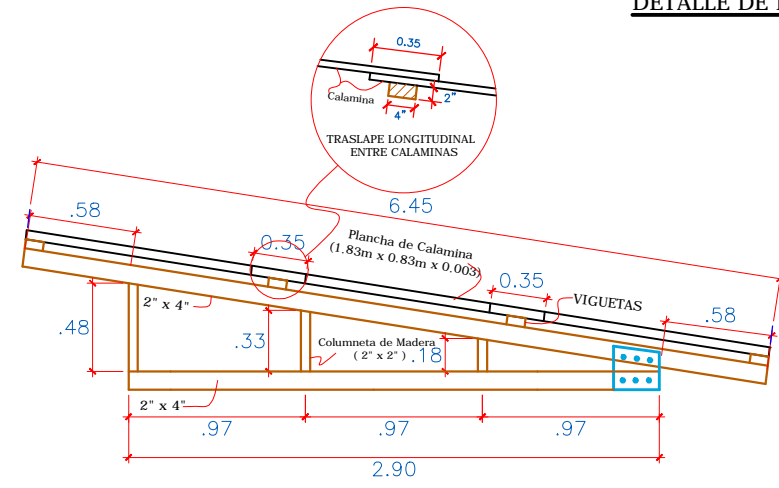
**DETALLE DE PLANCHA DE FIERRO**



**DETALLE DE TRASLAPES ENTRE LAS PARTES FRONTALES DE LAS CALAMINAS**

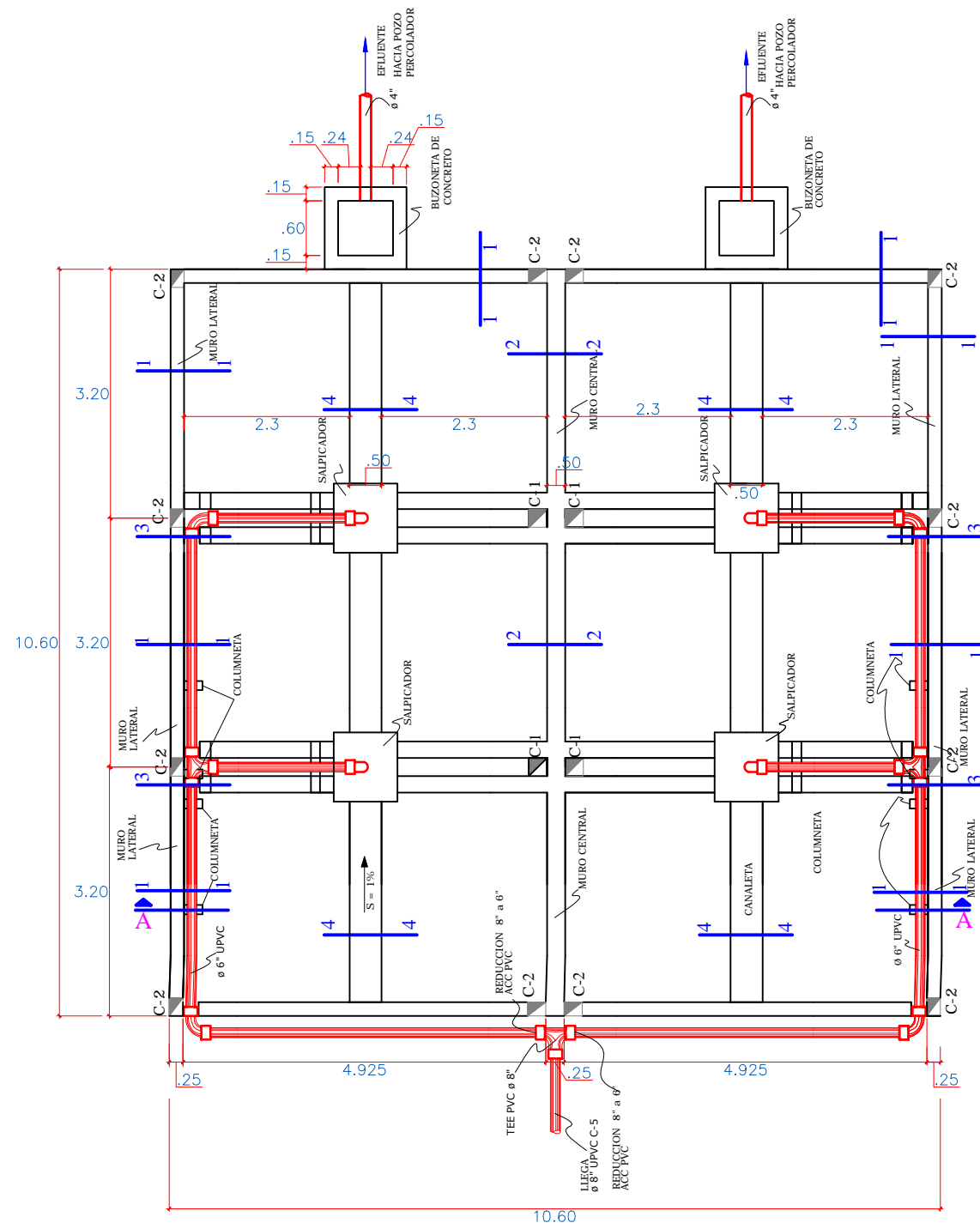


**DETALLE DE TIJERAL**  
ESCALA 1/25

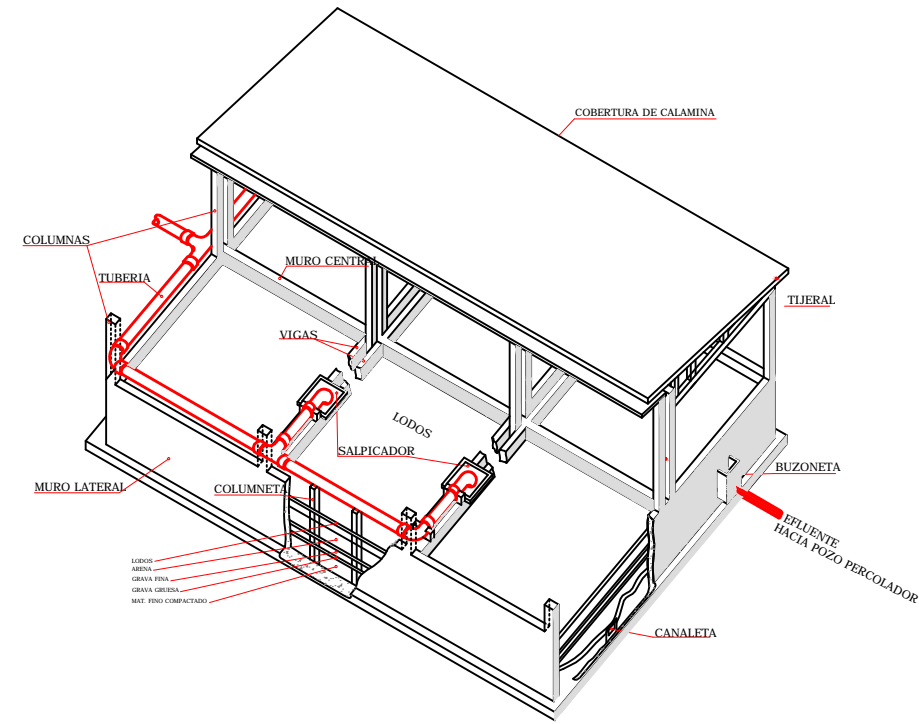


**DETALLE DE TIJERAL**  
ESCALA 1/25

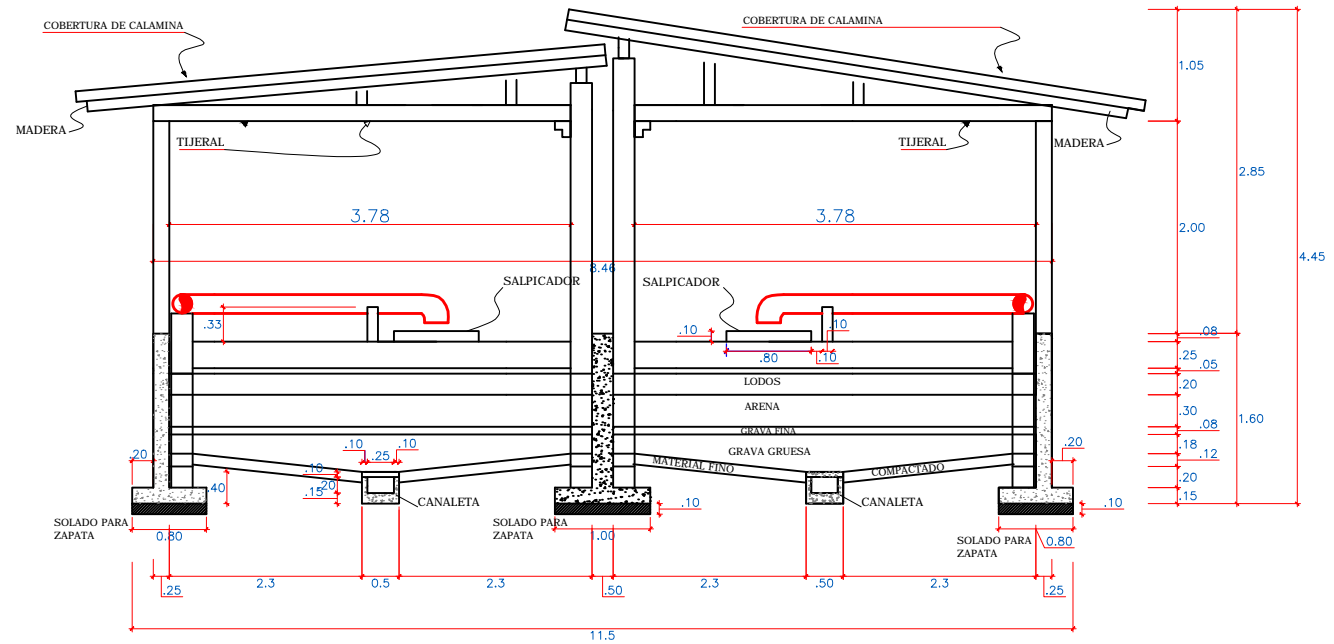
<b>UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL</b>			
		Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDOONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"	
<b>DETALLES DE TIJERALES - PTAR</b>			
BACHILLER:	FECHA: JULIO - 2019	REGIÓN: LIBERTADORES	PROV: LUCANAS
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA	ESCALA: INDICADA	DPTO: AYACUCHO	DIST: CABANA
			<b>LS-03</b>



**PLANTA**



**PERSPECTIVA LECHO DE SECADO**



**CORTE A - A**

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA" DE ICA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



Proyecto: "ANÁLISIS Y DISEÑO INTEGRAL DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PARA LA CALIDAD DE VIDA DEL C.P. DE SONDONDO, DISTRITO DE CABANA, PROVINCIA DE LUCANAS, AYACUCHO"



LECHO DE SECADO - PTAR

BACHILLER:  
BACH. ELIO ELOY SOLIER ATIQUIPA

FECHA: JULIO - 2019

REGIÓN: LIBERTADORES

PROV: LUCANAS

ESCALA: INDICADA

DPTO: AYACUCHO

DIST: CABANA

LAMINA:  
**LS-01**