

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**“MÉTODO DE SAATY PARA CALCULAR EL RIESGO EN  
COLECTORES DE GRANDES DIÁMETROS, CASO  
COLECTOR CANTO GRANDE SAN JUAN DE  
LURIGANCHO”**

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

**ELABORADO POR**

**JEAN EDDIE BASURTO SOTO  
ID: 0009-0003-3605-2750**

**ASESOR**

**ING. SABINO POMPEYO BASUALDO MONTES  
ID: 0009-0005-5604-8702**

**LIMA - PERÚ**

**2024**

© 2024, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

**“El autor autoriza a la UNI a reproducir de la Tesis en su totalidad o en parte,  
con fines estrictamente académicos.”**

Basurto Soto, Jean Eddie

[jean.basurto.s@uni.pe](mailto:jean.basurto.s@uni.pe)

930743990

### **Dedicatoria**

A Dios y a mi familia, en especial a mis padres Alejandro Basurto y Jovita Soto, por apoyarme siempre en cumplir todas mis metas y brindarme siempre lo más valioso, su amor; a mis hijos Adrián y Lucas por ser mi fuente de energía e inspiración, se pudo culminar la presente investigación.

## **Agradecimientos**

Agradezco profundamente a Dios, por su guía y fortaleza en cada paso de mi camino; a mi familia, por su incondicional apoyo, amor y paciencia, cuya presencia en mi vida ha sido fundamental para alcanzar este logro; y al Ing. Sabino Basualdo Montes, mi asesor de tesis, por su valiosa orientación, experiencia y dedicación, que me permitió crecer académicamente y superar los desafíos de esta investigación. Gracias por hacer posible este logro.



## Índice

<b>Resumen .....</b>	<b>4</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>5</b>
<b>Prólogo .....</b>	<b>6</b>
<b>Lista de tablas .....</b>	<b>7</b>
<b>Lista de figuras .....</b>	<b>10</b>
<b>Lista de símbolos y de siglas.....</b>	<b>11</b>
<b>Capítulo I: Introducción .....</b>	<b>13</b>
1.1 Generalidades .....	14
1.2 Problemática .....	15
1.3 Objetivos .....	16
1.3.1 Objetivo General .....	16
1.3.1 Objetivos Específicos .....	16
1.4 Hipótesis .....	16
1.4.1 Hipótesis General.....	16
1.4.2 Hipótesis Específica.....	16
<b>Capítulo II: Marco teórico y conceptual .....</b>	<b>18</b>
2.1 Marco teórico .....	18
2.2 Marco conceptual.....	19
2.2.1 Amenaza .....	19
2.2.2 Vulnerabilidad .....	21
2.2.3 Riesgo .....	21
2.2.4 Proceso de Análisis Jerárquico .....	22
2.2.5 Descripción de un Sistema de Alcantarillado .....	26
2.2.6 Consideraciones Hidráulicas, Estructurales, Geotécnicos y Topográficos de Colectores de Grandes Diámetros .....	29
2.2.7 Cálculo Hidráulico de un Colector .....	31
<b>Capítulo III: Cálculo de niveles de amenaza en colectores de grandes diámetros .....</b>	<b>36</b>
3.1 Propuesta metodológica para calcular el nivel de amenaza en colectores de grandes diámetros.....	36
3.2 Recopilación y análisis de información .....	37
3.3 Características del área de estudio.....	37
3.3.1 Ubicación: .....	37
3.3.2 División Geopolítica: .....	40
3.3.3 Vías de Comunicación .....	41

3.3.4 Características Sociales.....	41
3.3.5 Características Económicas.....	41
3.3.6 Características Físicas.....	41
3.3.7 Clima .....	42
3.4 Identificación y caracterización del fenómeno .....	42
3.4.1 Identificación del Fenómeno .....	42
3.4.2 Caracterización del Fenómeno .....	43
3.5 Cálculo de la amenaza propia del fenómeno sismo .....	43
3.5.1 Establecimiento de Parámetros y Descriptores .....	43
3.5.2 Ponderación de los Parámetros del Fenómeno Sismo .....	44
3.5.3 Ponderación de los Descriptores de los Parámetros .....	48
3.6 Cálculo de la amenaza propio del medio geográfico (factor condicionante) .....	56
3.6.1 Factor Condicionante del Fenómeno Sismo .....	56
3.7 MAPA DE AMENAZA.....	58
<b>Capítulo IV: Análisis de vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros</b> .....	<b>59</b>
4.1 Propuesta metodológica para calcular los niveles de vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros .....	59
4.2 Identificación de elementos expuestos .....	60
4.3 Cálculo de la vulnerabilidad física considerando la fragilidad .....	60
4.3.1 Cálculo de la Vulnerabilidad Física considerando la Fragilidad del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica. ....	60
4.4 Cálculo de la vulnerabilidad física considerando la resiliencia .....	63
4.4.1 Cálculo de la Vulnerabilidad Física considerando la Resiliencia del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica .....	63
4.5 Mapa de vulnerabilidad .....	73
<b>Capítulo V: Cálculo de niveles de riesgo en colectores de grandes diámetros</b> .....	<b>74</b>
5.1 Metodología para calcular los niveles de riesgo en colectores de grandes diámetros.....	74
5.2 Calculo del riesgo.....	74
5.2.1 Cálculo del Riesgo del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica .....	75
5.3 Mapa de riesgo .....	81
5.4 Consecuencias de las amenazas sobre los colectores de grandes diámetros .....	81
5.5 Impacto sísmico ocurridos en colectores de grandes diámetros .....	82

5.5.1 Sismo de 1985 en la ciudad de México .....	82
5.5.2 Sismo de 1995 en Kobe – Japón .....	82
5.5.3 Sismo del 2011 en Christchurch – Nueva Zelanda .....	82
5.6 Análisis de resultados .....	82
5.6.1 Análisis de los resultados del riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica .....	82
5.6.2 Análisis de los resultados de la amenaza generada por el fenómeno sismo sobre el Colector Canto Grande.....	83
5.6.3 Análisis de los resultados de la vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica.....	83
<b>Capítulo VI: Manejo de riesgo .....</b>	<b>84</b>
6.1 Medidas preventivas para la reducción del riesgo a ser consideradas en los colectores de grandes diámetros .....	84
6.1.1 Medidas No Estructurales adoptadas en el Colector Canto Grande ante la Amenaza Sísmica .....	84
6.1.2 Medidas Estructurales adoptadas en el Colector Canto Grande ante la Amenaza Sísmica .....	86
<b>Conclusiones .....</b>	<b>88</b>
<b>Recomendaciones.....</b>	<b>89</b>
<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>90</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>95</b>

## Resumen

Con el crecimiento demográfico acelerado que presentan las ciudades, se van generando necesidades básicas, como la de contar con un sistema de saneamiento básico; sin embargo, nuestras ciudades están sometidas a fenómenos naturales (amenazas naturales) que alteran el funcionamiento normal del sistema de saneamiento; no obstante, el sistema de saneamiento se vuelve vulnerable a dichas amenazas por una mala ejecución y/o mala calidad de los materiales utilizados en el proceso constructivo, entre otros.

Las tuberías de la red de alcantarillado al estar en continua interacción con el terreno de fundación están sometidas a diferentes acciones (amenazas) generadas sobre dicho terreno, sumado la vulnerabilidad de la propia red de alcantarillado, podría interrumpir el uso o el uso adecuado de las redes de alcantarillado, conllevando a grandes problemas de salubridad a los usuarios. Al presentarse ambas variables (Amenazas y Vulnerabilidad), se genera el Riesgo, el cual varía de manera directa con dichas variables; es por ello que es de vital importancia el control del riesgo; el cual se lograría con el control de la Vulnerabilidad, ya que el hombre no puede controlar las Amenazas naturales.

En el presente trabajo se plantea un lineamiento metodológico, que con apoyo del método matemático denominado Procesos de Análisis Jerárquico desarrollado por Thomas L. Saaty, se pueda calcular el valor del riesgo en colectores de grandes diámetros. Aplicando el lineamiento metodológico propuesta en el presente trabajo de investigación, se calculó los riesgos en cada tramo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica considerando un escenario sísmico de 8.8 Mw.

En el proceso del cálculo del riesgo del colector de grandes diámetros, surgen propuestas de medidas de control de riesgo, que permiten mitigar la probabilidad de daño en dicho colector frente a determinada amenaza; siendo estas medidas estructurales (plan de mitigación) y no estructurales (plan de emergencia).

Palabras claves: Amenaza, vulnerabilidad, riesgo, parámetros de evaluación, descriptores.

## Abstract

With the rapid population growth of cities, basic needs are emerging, such as the need for a basic sanitation system. However, our cities are subject to natural phenomena (natural hazards) that disrupt the normal functioning of the sanitation system. Though, nevertheless, nonetheless, still, yet, notwithstanding, at the same time, all the same, just the s, the sanitation system becomes vulnerable to these threats due to poor execution and/or poor quality of the materials used in the construction process, among other factors.

Since the sewer network pipes are in constant interaction with the foundation soil, they are subject to various actions (hazards) generated on said soil. Added to this, the vulnerability of the sewer network itself could disrupt the use or proper use of the sewer system, leading to significant health problems for users. When both variables (Hazards and Vulnerability) are present, Risk is generated, which directly varies with these variables; therefore, risk control is of vital importance, which would be achieved by controlling Vulnerability, since man cannot control natural Threats.

This paper proposes a methodological guideline that, using the mathematical method known as Hierarchical Analysis Processes developed by Thomas L. Saaty, allows for calculating the risk value for large-diameter collectors. Applying the methodological guideline proposed in this research, the risks for each section of the Canto Grande Collector were calculated in response to seismic hazards, considering an 8.8 MW seismic scenario.

In the process of calculating the risk for the large-diameter collector, proposed risk control measures emerged to mitigate the probability of damage to the collector in response to a given hazard. These measures are both structural (mitigation plan) and non-structural (emergency plan).

Keywords: Hazard, vulnerability, risk, assessment parameters, descriptors.

## Prólogo

A inicios del año 2019 en el distrito de San Juan de Lurigancho, se presentó el aniego más grande generado por el desborde de las aguas residuales registrado en el Perú; dicho suceso fue a consecuencia de la ruptura de la tubería del Colector Canto Grande por una mala maniobra del operador de la maquinaria que se encontraba realizando trabajos de mantenimiento, permitiendo el ingreso del terreno conglomerado el cual obstruyeron el colector, generando el desborde de las aguas residuales que eran transportaba.

Viendo el riesgo que presentan los sistemas de saneamiento debido a las amenazas naturales o antrópicas, es necesario contar con una metodología que permita calcular el riesgo en colectores de grandes diámetros, para así poder proponer medidas de control de riesgo a corto, mediano y largo plazo, que permitirán reducir o mitigar su vulnerabilidad. Como resultado de consultas a diferentes fuentes bibliográficas y experiencia personal, el bachiller Basurto Soto Jean Eddie realiza la presente investigación, en el cual, se plantea una propuesta metodológica y criterios para el cálculo de la amenaza y vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros ante determinada amenaza, para posteriormente calcular el riesgo en cada tramo del colector (discretización del colector por tramos), finalmente, proponer soluciones eficientes para mitigar la vulnerabilidad de dichos colectores frente a cierta amenaza, y así contribuir en el conocimiento sobre el cálculo de riesgo en colectores de grandes diámetros.

**Ingeniero Sabino Pompeyo Basualdo Montes**

## Lista de tablas

Tabla N°2.1	Escala de Thomas Saaty (CENEPRED, 2014).....	23
Tabla N°2.2	Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003)	26
Tabla N°2.3	Pérdida de energía por cambio de dirección (López, 2003) .....	33
Tabla N°2.4	Coeficiente K (López, 2003) .....	34
Tabla N°3.1	Nivel de Amenaza.....	37
Tabla N°3.2	Parámetros del fenómeno sismo y sus respectivos descriptores	43
Tabla N°3.3	Matriz cuadrada de ponderación de los parámetros del sismo ...	44
Tabla N°3.4	Matriz de comparación de pares.....	44
Tabla N°3.5	Matriz comparación de los parámetros (intensidad y magnitud sísmica) del sismo .....	44
Tabla N°3.6	Matriz comparación de los parámetros (intensidad sísmica y PGA) del sismo .....	45
Tabla N°3.7	Matriz comparación de los parámetros (magnitud sísmica y PGA) del sismo .....	45
Tabla N°3.8	Matriz de parámetros del sismo.....	45
Tabla N°3.9	Valores de la matriz de parámetros en decimales y suma e inversa de la suma .....	46
Tabla N°3.10	Valores de la matriz de parámetros en decimales y suma e inversa de la suma .....	46
Tabla N°3.11	Vector priorización .....	46
Tabla N°3.12	Peso de cada parámetro del sismo expresado en porcentaje .	47
Tabla N°3.13	Determinación del vector suma ponderada de los parámetros	47
Tabla N°3.14	División de vectores para la determinación del $\lambda_n$ de los parámetros .....	47
Tabla N°3.15	Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) .....	48
Tabla N°3.16	Matriz cuadrada de ponderación de descriptores de la intensidad sísmica .....	48
Tabla N°3.17	Matriz de comparación de pares.....	49
Tabla N°3.18	Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS2) de la intensidad sísmica.....	49
Tabla N°3.19	Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS3) de la intensidad sísmica.....	50
Tabla N°3.20	Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS4) de la intensidad sísmica.....	50
Tabla N°3.21	Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS5) de la intensidad sísmica.....	50

"Método de Saaty para Calcular el Riesgo en Colectores de Grandes Diámetros, Caso Colector Canto Grande San Juan de

Lurigancho"

Bach. Jean Eddie Basurto Soto

Tabla N°3.22	Matriz de descriptores del parámetro intensidad sísmica.....	51
Tabla N°3.23	Valores de la matriz de descriptores en decimales y suma e inversa de la suma .....	51
Tabla N°3.24	Matriz normalización .....	51
Tabla N°3.25	Vector priorización .....	52
Tabla N°3.26	Peso de cada descriptor de la intensidad sísmica expresado en porcentaje .....	52
Tabla N°3.27	Determinación del vector suma ponderada de los descriptores .....	53
Tabla N°3.28	División de vectores para la determinación del $\lambda_n$ de los descriptores .....	53
Tabla N°3.29	Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) .....	54
Tabla N°3.30	Ponderación del parámetro intensidad del sismo y sus descriptores .....	54
Tabla N°3.31	Ponderación del parámetro magnitud del sismo y sus descriptores .....	55
Tabla N°3.32	Ponderación de los descriptores del parámetro aceleración máxima del suelo .....	55
Tabla N°3.33	Cálculo del valor de la amenaza de cada parámetro del fenómeno sísmico .....	56
Tabla N°3.34	Ponderación del parámetro tipo de perfil de suelo y sus descriptores .....	56
Tabla N°3.35	Valor de la Susceptibilidad para el fenómeno sísmico desde progresiva 0+000 hasta 2+585 y 5+730 hasta 11+156.....	57
Tabla N°3.36	Valor de la Susceptibilidad para el fenómeno sísmico desde progresiva 2+585 hasta 5+730.....	57
Tabla N°3.37	Cálculo del valor de la Amenaza Sísmica desde progresiva 0+000 hasta 2+585 y 5+730 hasta 11+156.....	58
Tabla N°3.38	Cálculo del valor de la Amenaza Sísmica desde progresiva 2+585 hasta 5+730 .....	58
Tabla N°4.1	Nivel de Vulnerabilidad .....	60
Tabla N°4.2	Ponderación del parámetro estado de conservación y sus descriptores .....	60
Tabla N°4.3	Ponderación del parámetro tipo de material y sus descriptores ..	61
Tabla N°4.4	Ponderación del parámetro diámetro del colector y sus descriptores .....	61
Tabla N°4.5	Ponderación del parámetro antigüedad del colector (tubería de concreto) y sus descriptores .....	61
Tabla N°4.6	Ponderación del parámetro antigüedad del colector (tubería de HDPE) y sus descriptores .....	61

"Método de Saaty para Calcular el Riesgo en Colectores de Grandes Diámetros, Caso Colector Canto Grande San Juan de

Lurigancho"

Bach. Jean Eddie Basurto Soto



Tabla N°4.7	Valor de la fragilidad física del Colector Canto Grande desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156 frente a la amenaza sísmica .....	62
Tabla N°4.8	Valor de la fragilidad física del Colector Canto Grande desde la progresiva 7+614 hasta 7+990 frente a la amenaza sísmica .....	62
Tabla N°4.9	Ponderación del parámetro velocidad del flujo condicionado a la tensión tractiva media y sus descriptores desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156.....	63
Tabla N°4.10	Ponderación del parámetro relación Y/D y sus descriptores desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156 .....	63
Tabla N°4.11	Valor de la resiliencia física frente a la amenaza sísmica .....	64
Tabla N°4.12	Valores de vulnerabilidad física del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica.....	67
Tabla N°4.13	Niveles de Vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica .....	70
Tabla N°5.1	Niveles de Riesgo .....	74
Tabla N°5.2	Cálculo de los valores de Riesgo del Colector Canto Grande Frente a la Amenaza Sísmica.....	75
Tabla N°5.3	Nivel de riesgo del Colector Canto Grande Frente a la Amenaza Sísmica .....	78

## Lista de figuras

Figura N°2.1	Clasificación de Peligros o Amenazas (CENEPRED, 2018)....	19
Figura N°2.2	Clasificación de los Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2014) .....	20
Figura N°2.3	Origen del riesgo.....	22
Figura N°2.4	Representación gráfica de una red de alcantarillado sanitario	28
Figura N°2.5	Buzón típico de concreto de una red de alcantarillado sanitario .....	29
Figura N°3.1	Propuesta metodológica para el cálculo del nivel de amenaza	36
Figura N°3.2	Distrito de San Juan de Lurigancho y sus límites .....	38
Figura N°3.3	Área de influencia .....	39
Figura N°3.4	División en comunas del distrito de San Juan de Lurigancho (CODISEC, 2016).....	40
Figura N°4.1	Propuesta metodológica para el cálculo del nivel de vulnerabilidad .....	59
Figura N°5.1	Metodología para el cálculo del nivel de vulnerabilidad.....	74

## Lista de símbolos y de siglas

A	: Área de la sección de flujo
CENEPRED	: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción de Riesgos de Desastres
CISMID	: Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres
CR	: Concreto reforzado
CSN	: Concreto simple normalizada
D	: Diámetro de la tubería
$D_c$	: Diámetro del colector
EDAs	: Enfermedades diarreicas agudas
G	: Aceleración de la gravedad
H	: Profundidad hidráulica
$H_c$	: Energía específica para las condiciones de flujo crítico
$H_e$	: Incremento de la altura debido a las pérdidas
HDPE	: Polietileno de alta densidad
$H_w$	: Caída en el buzón
$\Delta H_c$	: Pérdida de energía por cambio de dirección
$\Delta H_e$	: Pérdida de energía por la transición
$\Delta H_p$	: Pérdida de energía en el buzón
IA	: Índice Aleatorio
IC	: Índice de Consistencia
INDECI	: Instituto Nacional de Defensa Civil
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática
MVCT	: Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio
n	: Coeficiente de rugosidad de Manning
$F_r$	: Número de Froude
PGA	: Aceleración máxima del suelo
PNUD	: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
Q	: Caudal del agua
$Q_0$	: Caudal a tubo lleno
R	: Radio hidráulico
RC	: Relación de Consistencia
$r_c$	: Radio de curvatura del buzón

S	: Pendiente de la línea de energía
SEDAPAL	: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima
SENAMHI	: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIGRID	: Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres
UNGRD	: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
V	: Velocidad media en la sección
$V_0$	: Velocidad a tubo lleno
Y	: Tirante hidráulico

## Capítulo I: Introducción

El crecimiento desordenado en las ciudades, genera diferentes problemas, entre los más resaltante se tiene, la sobre carga en las infraestructuras existentes, como el sistema de agua y saneamiento. Contar con un adecuado sistema de saneamiento permite un desarrollo económico, social y sobre todo permite tener condiciones adecuadas de higiene que se refleja en la salubridad y bienestar de sus usuarios, es por ese motivo, que es de vital importancia mantener en buen funcionamiento la infraestructura física del sistema de saneamiento a lo largo de su periodo de diseño.

Los colectores que conforman el sistema de saneamiento, al interactuar directamente con el terreno de fundación, quedan expuestos a amenazas generadas por fenómenos naturales originados por la geodinámica de la tierra, sumado a las amenazas indicadas, es inevitable que el sistema de saneamiento se deteriore con el transcurso del tiempo; así mismo, un deficiente proceso constructivo y mala calidad de los materiales usados en la ejecución de obra, aumenta la vulnerabilidad del sistema de saneamiento frente a una amenaza determinada. En consecuencia, se incrementará el riesgo de interrupción de funcionamiento parcial o total del sistema por un periodo determinado de tiempo.

El valor del riesgo varía directamente proporcional al valor de la amenaza y vulnerabilidad del colector; debido que la injerencia del hombre en la amenaza (fenómenos naturales) es poco o nula, pero sí tiene influencia sobre la vulnerabilidad, es por ello que el contar con un adecuado análisis de vulnerabilidad de las infraestructuras de alcantarillado sanitario debería ser de interés prioritario de las empresas prestadoras de servicio de saneamiento, para así poder elaborar un adecuado plan de mitigación para la reducción de la vulnerabilidad presente en la infraestructura sanitaria y en consecuencia reducir el riesgo de dicha infraestructura.

En el presente trabajo se presenta un lineamiento metodológico para el cálculo del riesgo a que están sujetos los colectores de grandes diámetros, así como también se proponen medidas preventivas para la mitigación de la vulnerabilidad del Colector Canto Grande.

## 1.1 Generalidades

Desde el inicio de nuestras vidas y a través del tiempo, el hombre se ha encontrado siempre en la necesidad permanente de hacer frente a diferentes sucesos, tanto de origen natural como los inducidos por el mismo hombre, que se presentan en su entorno de vida, y afectan directa y/o indirectamente su integridad física y de sus bienes.

Los desastres son interrupciones graves en un proceso de desarrollo, y muchas veces impredecibles e inevitables. El desarrollo de la sociedad puede ser alterado, frenado u obstruido, por tal motivo, los desastres deben ser considerados como variables de trabajo, junto a los factores políticos y sociales. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en su informe “La reducción de riesgos de desastres, un desafío para el desarrollo” (PNUD, 2004) señala que entre los años 1980 al 2000, aproximadamente el 75% de la población mundial vive en zonas que han sido afectadas al menos a una vez por un terremoto, un ciclón tropical, una inundación o una sequía.

La mayoría de los desastres tienen su origen en fenómenos naturales, por tal motivo, es de vital importancia conocer las características (magnitud, intensidad, distribución espacial, periodo de retorno, etc.) de las amenazas (fenómenos naturales) y cómo se manifiestan en nuestro entorno; por lo tanto, un estudio detallado de la amenaza, permite identificar las infraestructuras expuestas a la influencia de dicho fenómeno.

El Perú, se encuentra ubicado en el borde oriental del Cinturón del Fuego del Océano Pacífico, además, sus características geográficas, hidrometeorológicas, geológicas, entre otros, lo exponen a la ocurrencia de fenómenos de origen natural, como sismos, tsunamis, erupciones volcánicas, erosión de suelo, movimientos en masas y descenso de temperatura (helada y friaje).

El litoral peruano presenta mayor probabilidad de ocurrencia de un evento sísmico, al estar ubicado sobre el Cinturón del Fuego, para tal motivo, los sistemas de agua potable y alcantarillado suelen estar entre las infraestructuras que son las afectadas, y su impacto es inmediato en las condiciones de vida y salud de la población afectada. Además, se suma a dichas amenazas, las malas condiciones

físicas que se encuentran las redes de agua potable y alcantarillado, las cuales las vuelve vulnerables.

Esta realidad obliga a la generación de conocimientos y/o metodologías que ayuden a clasificar los niveles de amenaza, vulnerabilidad, riesgos y la zonificación de riesgos en ámbitos geográficos.

## 1.2 Problemática

El desarrollo de los países de Latinoamérica y el Caribe, ha sido afectado cada vez más por los desastres naturales que se presentan en su entorno geográfico; la pérdida económica directa debido a desastres en la región se ha multiplicado por doce entre los periodos de 1970-1979 y 2000-2009 (JICA-IDB Joint Research, 2017).

El Perú, al tratarse de un país con un alto índice de ocurrencia de diversos fenómenos naturales, sumado a ello, su capital (Lima) viene siendo afectada por una notoria inmigración presentada desde la década de los 70, el cual lleva a un aumento progresivo de la población; representando una amenaza para las redes de alcantarillado, pues no fueron diseñadas con la proyección del incremento inminente de la población; no obstante se suma las condiciones no favorables actuales de las tuberías de alcantarillado existente, las cuales la vuelven vulnerables ante amenazas externas.

El problema del aniego presentado a inicios del año 2019 en el distrito de San Juan de Lurigancho, debido a la obstrucción de la tubería del Colector principal Canto Grande por el ingreso del material conglomerado, representó un costo total de S/. 80.6 millones a SEDAPAL (Neyra, 2021), ya que no se contaba con un plan de mitigación y emergencia ante sucesos iguales y/o similares.

Por dicho motivo, el año 2019 el Colegio de Ingenieros del Perú en el informe técnico “Aniego de San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima”, recomienda que los proyectos de infraestructura sanitaria, además del diseño hidráulico, se debe incluir el análisis de riesgo y vulnerabilidad del sistema de alcantarillado (Colegio de Ingenieros del Perú, 2019).

Por lo expuesto, es necesario que los colectores existentes de grandes diámetros cuenten con un análisis de riesgo y vulnerabilidad, para así poder elaborar las medidas preventivas y mitigar los efectos negativos generado por las amenazas a la que está expuestos.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

Establecer un lineamiento metodológico para el cálculo del riesgo que presentan los colectores de grandes diámetros ante la amenaza de un fenómeno sísmico, caso colector Canto Grande.

#### 1.3.1 Objetivos Específicos

- Definir criterios para realizar el cálculo de la amenaza en las zonas del recorrido de los colectores de grandes diámetros.
- Establecer criterios para calcular la vulnerabilidad en cada tramo de los colectores de grandes diámetros.
- Proponer un procedimiento de cálculo del riesgo en cada tramo de los colectores de grandes diámetros.

### 1.4 Hipótesis

#### 1.4.1 Hipótesis General

Un adecuado lineamiento metodológico del cálculo de la amenaza y vulnerabilidad, permite determinar los riesgos en colectores de grandes diámetros; caso Colector Canto Grande.

#### 1.4.2 Hipótesis Específica

- Se puede definir criterios para calcular la amenaza en las zonas de recorrido de los colectores de grandes diámetros.
- Aplicar un correcto criterio para calcular la vulnerabilidad presente en los colectores de grandes diámetros, permite tener el valor de la vulnerabilidad en cada tramo del colector.



- Usando un adecuado procedimiento de cálculo, Es posible calcular el riesgo en cada tramo de los colectores de grandes diámetros.

## Capítulo II: Marco teórico y conceptual

### 2.1 Marco teórico

Los sistemas de agua potable y saneamiento están expuestos a fenómenos naturales y antrópicos (producidos por el hombre), siendo América Latina y el Caribe donde se presentan con mayor frecuencia. Los terremotos, huracanes, inundaciones, deslizamiento, sequías, erupciones volcánicas, vandalismo, accidentes con materiales peligrosos, entre otros, son parte de la extensa gama de fenómenos que provocan muertes, heridos y un gran impacto en la economía de los países (Organización Panamericana de la Salud, 2004).

La influencia de los sismos en tuberías enterradas, es mayor en tuberías de grandes diámetros, debido que, la influencia del sismo varía directamente proporcional al diámetro de dicha tubería (Pinada, 2006)

La evaluación del riesgo de un sistema de agua potable y saneamiento, debe incluir en forma periódica la evaluación de la amenaza o amenazas principales sobre el sistema; así mismo, se debe identificar las componentes vulnerables del sistema, es decir, la predisposición de las componentes a sufrir daño en caso de ocurrencia de un evento importante (Evaluación de Riesgos Naturales – América Latina, 2012).

La gestión del riesgo no sólo debe estar orientado a la protección de la infraestructura de agua y saneamiento, sino también, a minimizar los posibles riesgos que se generan del incorrecto funcionamiento de los sistemas de agua y saneamiento (Cooperación Suiza para América Central, 2013).

Los programas de gestión de riesgo deben incluir todas las estrategias para lograr un adecuado conocimiento de los riesgos, que permiten estructurar las actividades para la reducción de riesgos y planificar el manejo de las posibles respuestas, este último permite a los prestadores de servicios dar cumplimiento a las normas vigentes relacionado con la formulación de planes de contingencia o planes operacionales de emergencia (MVCT y UNGRD, 2014).

## 2.2 Marco conceptual

El desarrollo de la presente tesis está basado en el marco conceptual de la Evaluación de Riesgo de Desastres, así como, en la Metodología del Proceso de Análisis Jerárquica de Saaty, y el concepto de redes de alcantarillado sanitario.

### 2.2.1 Amenaza

La amenaza se define como un peligro latente, que representa la probable manifestación de un fenómeno potencialmente dañino, de origen natural o antropogénica (ver figura N°2.1), que se torna peligroso y puede producir efectos adversos en las personas, infraestructura y medio ambiente. La amenaza se expresa como la probabilidad que un fenómeno con potencial de generar daño a la vida cotidiana de las personas se presente dentro de un tiempo y lugar específico determinado (CENEPRED, 2018).

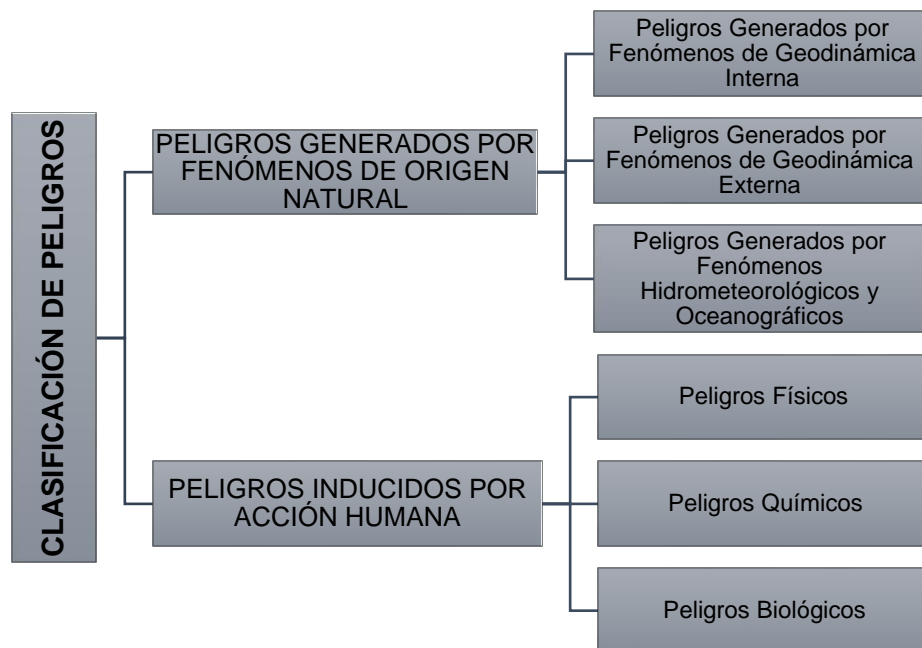


Figura N°2.1 Clasificación de Peligros o Amenazas (CENEPRED, 2018)

#### 2.2.1.1 Amenazas Naturales

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural, potencialmente dañino que afectaría a la sociedad, como a los bienes y patrimonio en la dimensión social, económica y ambiental en un ámbito geográfico específico dentro de un periodo determinado de tiempo (CENEPRED, 2018).

Las amenazas generadas por los fenómenos de origen natural pueden subdividirse en aquellos originados por la geodinámica interna, geodinámica externa, hidrometeorológicos y oceanográficos, como se puede apreciar en la figura N°2.2.

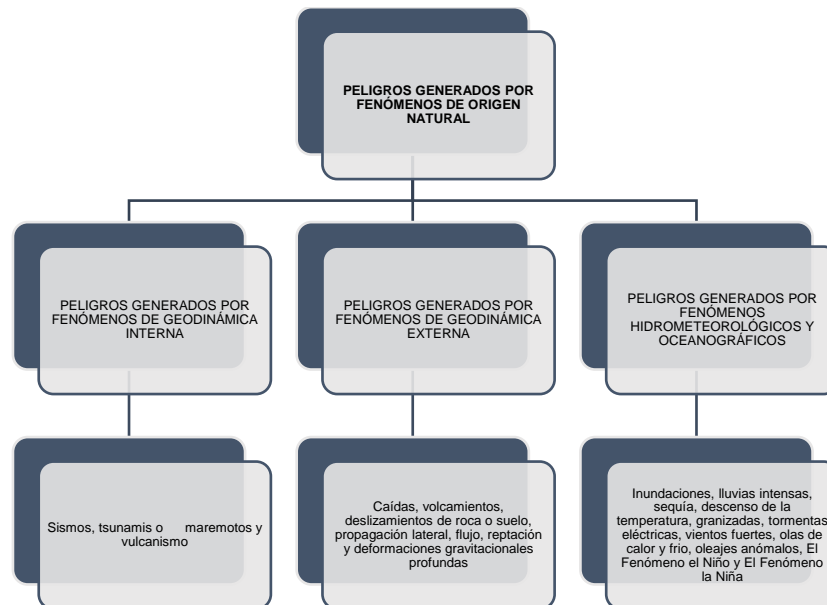


Figura N°2.2 Clasificación de los Fenómenos Naturales (CENEPRED, 2014)

#### 2.2.1.2 Amenazas Antrópicas

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso inducido por la acción humana, potencialmente dañino que afectaría a la sociedad en un ámbito geográfico específico dentro de un periodo determinado de tiempo. Están directamente relacionados con la actividad y el comportamiento del hombre (CENEPRED, 2018).

#### 2.2.1.3 Parámetro

Son aquellas características que ayudan a describir al fenómeno en evaluación (CENEPRED, 2018).

#### 2.2.1.4 Descriptor

Atributo concreto que describe o mide un parámetro (CENEPRED, 2014).

#### 2.2.1.5 Factor condicionante

Son parámetros propios del ámbito geográfico de estudio, el cual contribuye de manera favorable o no al desarrollo del fenómeno de origen natural (magnitud e intensidad), así como su distribución espacial (CENEPRED, 2014, p.106)

#### 2.2.2 Vulnerabilidad

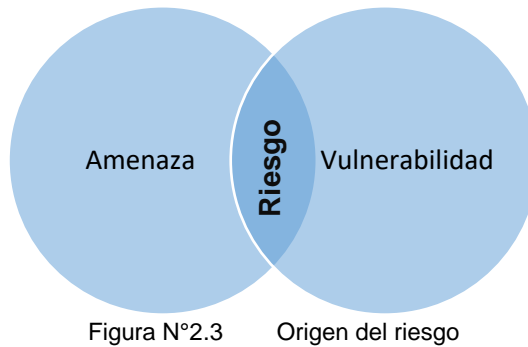
La vulnerabilidad es la susceptibilidad de un componente o sistema como un todo de ser dañado total o parcialmente ante el impacto de una amenaza. O también el marco de la Ley N°29664 del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y su Reglamento (D.S. N°048-2011-PCM) define la vulnerabilidad como la susceptibilidad de la población, la estructura física, actividades socioeconómicas, de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza.

##### 2.2.2.1 Resiliencia

La resiliencia es la capacidad de un sistema, comunidad o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas (Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), 2017)

#### 2.2.3 Riesgo

Se entiende por riesgo, a la probabilidad que se presente un daño sobre un elemento o componente determinado, el cual tiene una vulnerabilidad intrínseca frente a la presencia de una amenaza. Así también, se puede considerar al riesgo como el resultado de relacionar el peligro (amenaza) con la vulnerabilidad de los elementos expuestos (ver figura N°2.3), con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociado a uno o varios fenómenos peligrosos.



Por lo tanto, la evaluación del riesgo puede llevarse a cabo mediante la siguiente formulación general (CENEPRED, 2014):

$$R_{ie} |^T = f(A_i, V_e) |^T \quad (2.1)$$

Donde:

R: Riesgo

$A_i$ : Amenaza con intensidad mayor o igual a la intensidad "i" en un periodo de tiempo de exposición "T".

$V_e$ : Vulnerabilidad de un elemento expuesto "e"

#### 2.2.4 Proceso de Análisis Jerárquico

Para realizar la ponderación de los parámetros y descriptores se utiliza el Proceso de Análisis Jerárquico desarrollado por Thomas Saaty (Saaty, 1990), el cual es un método multicriterio que permite incorporar criterios cuantitativos (infraestructura expuesta, pérdidas humanas, económicas, entre otros) y cualitativos (programas de capacitación, creación y/o aplicación de la normatividad, entre otros) que son considerados para el cálculo del riesgo.

Primeramente, se calculan los pesos ponderados de los parámetros y descriptores, para luego realizar la verificación, si los criterios asumidos eran los correctos (relación de consistencia). La matriz que se forma es una matriz cuadrada, es decir, el mismo número de filas y columnas.

Notación matemática:  $A = A_{ij}$

#### 2.2.4.1 Cálculo de los Pesos Ponderados

Primero: Se construye la matriz de comparaciones pareadas, el que mostraría la comparación de los parámetros o descriptores según el caso de interés, esta matriz nos permite definir la importancia de un parámetro respecto a otro (según la escala de Thomas Saaty, ver tabla N°2.1), lo que nos servirá posteriormente para la ponderación de criterios.

Tabla N°2.1 Escala de Thomas Saaty (CENEPRED, 2014)

ESCALA NUMÉRICA	Escala verbal	Explicación
9	Absolutamente o muchísimo más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo más importante que el segundo.
7	Mucho más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho más importante o preferido que el segundo.
5	Mas importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera más importante o preferido que el segundo.
3	Ligeramente más importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero es ligeramente más importante o preferido que el segundo.
1	Igual o diferente a ...	Al comparar un elemento con el otro, hay indiferencia entre ellos.
1/3	Ligeramente menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera ligeramente menos importante o preferido que el segundo.
1/5	Menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera menos importante o preferido que el segundo.
1/7	Mucho menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera mucho menos importante o preferido que el segundo.
1/9	Absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que...	Al comparar un elemento con el otro, el primero se considera absolutamente o muchísimo menos importante o preferido que el segundo.
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, que se emplean cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores.	

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (2.2)$$

Se suman verticalmente los elementos de cada columna, obteniéndose los valores:

$$v_1, v_2, \dots, v_n = \sum_{i=1}^n a_i \quad (2.3)$$

Segundo: Se determina la matriz de comparaciones normalizada dividiendo cada elemento de la matriz de comparación pareada por la suma obtenida de sus respectivas columnas, para conseguir:

$$A_{\text{Normalizada}} = \begin{pmatrix} 1/v_1 & a_{12}/v_2 & \cdots & a_{1n}/v_n \\ a_{21}/v_1 & 1/v_2 & \cdots & a_{2n}/v_n \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1}/v_1 & a_{n2}/v_2 & \cdots & 1/v_n \end{pmatrix} \quad (2.4)$$

Tercero: El siguiente paso consiste en obtener el vector prioridad, el cual muestra los pesos ponderados de cada parámetro o descriptor a partir de la matriz normalizada, para ellos se calcula el vector columna:

$$P = \begin{pmatrix} \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{1j} \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{2j} \\ \vdots \\ \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n a_{nj} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} \quad (2.5)$$

Se debe verificar que la suma de los elementos del vector prioridad tiene que ser igual a la unidad.

$$\sum_{i=1}^n P_{c1i} = P_{c11} + P_{c12} + \cdots + P_{c1n} = 1 \quad (2.6)$$



#### 2.2.4.2 Cálculo de la Relación de Consistencia (RC)

Primero: Multiplicar cada valor de la primera columna de la matriz de comparación pareada por la prioridad relativa del primer elemento que se considera y así sucesivamente. Se deben sumar los valores sobre las filas para obtener un vector de valores, denominado Vector Suma Ponderada (VSP).

$$\begin{pmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} P_{c11} \\ P_{c12} \\ \vdots \\ P_{c1n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} VSP_{11} \\ VSP_{12} \\ \vdots \\ VSP_{1n} \end{pmatrix} \quad (2.7)$$

Segundo: Dividir los elementos del vector suma ponderada entre el correspondiente valor de prioridad para cada uno de los criterios.

$$VSP_{11} / P_{c11} = \lambda_1$$

$$VSP_{12} / P_{c12} = \lambda_2$$

...

$$VSP_{1n} / P_{c1n} = \lambda_n$$

Tercero: Posteriormente se determina el valor promedio denominado  $\lambda_{max}$ .

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \cdots + \lambda_n) / n \quad (2.8)$$

Cuarto: Calcular el Índice de Consistencia (IC).

$$IC = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (2.9)$$

Esto permite hallar la relación de consistencia de la matriz para verificar si las decisiones fueron las adecuadas.

Quinto: Determinar la Relación de Consistencia (RC).

$$RC = IC / IA \quad (2.10)$$

Donde IA es el Índice Aleatorio de una matriz de comparaciones pareadas.

Los valores del Índice Aleatorio para los diferentes “n”, se muestran en tabla N°2.2, obtenidos mediante la simulación de 100 000 matrices (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003).

Tabla N°2.2 Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Para matrices de tres parámetros la RC debe ser menor a 0.04, para matrices de cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.08 y para matrices mayores a cuatro parámetros la RC debe ser menor a 0.10 (CENEPRED, 2017).

#### 2.2.5 Descripción de un Sistema de Alcantarillado

La recolección y el transporte de las aguas residuales desde los diversos puntos en que se originan constituyen el primer paso de la gestión efectiva del saneamiento de una población. El sistema de alcantarillado está constituido por un conjunto de tuberías y obras complementarias, las cuales se encargan de recolectar y evacuar las aguas residuales de la población y la escorrentía superficial proveniente de las precipitaciones (López, 2003).

De no existir estas redes de recolección de agua residuales, se pondría en grave peligro la salud de las personas debido al riesgo de enfermedades epidemiológicas.

Procedencia de las aguas residuales según su origen:

1.- Aguas Residuales Domésticas: Son aquellas aguas provenientes de los inodoros, lavaderos, cocinas y otros elementos domésticos. Estas aguas están compuestas por sólidos suspendidos (generalmente materia orgánica biodegradable), sólidos sedimentables (nitrógeno y fósforo) y organismos patógenos.

2.- Aguas Residuales Industriales: Se originan en los desechos de los procesos industriales o manufactureros, variando según su composición de acuerdo con las operaciones de la industria y, debido a su naturaleza, pueden contener, además

de los elementos contenidos en las aguas residuales domésticas; elementos tóxicos como el plomo, mercurio, níquel, cobre y otro, o sustancia corrosivas, inflamable, venenosas o explosivas, que requieren ser removidos antes de ser vertido al sistema de alcantarillado.

3.- Agua de Lluvia: Proviene de la precipitación pluvial, debido al efecto de lavado sobre tejados, calles y suelos, pueden contener una gran variedad de sólidos suspendidos a diferentes concentraciones; en zonas de alta contaminación atmosférica pueden contener algunos metales pesados y otros elementos químicos.

#### *2.2.5.1 Clasificación del Sistema de Alcantarillado*

Según el tipo de agua que conduzcan los sistemas de alcantarillados, se pueden clasificar en:

1.- Alcantarillado Sanitario: Es el sistema de recolección diseñado para transportar y evacuar de forma rápida y segura exclusivamente aguas residuales domésticas, de infiltración, industriales e instituciones.

2.- Alcantarillado Pluvial: Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por la lluvia e infiltración.

3.- Alcantarillado Combinado o Unitario: Es el sistema encargado de la evacuación simultánea de las aguas doméstica, industrial, institucionales, de infiltración y las aguas provenientes de la lluvia.

#### *2.2.5.2 Elementos de una Red de Alcantarillado Sanitario*

1.- Laterales o Iniciales: Constituyen el primer elemento de la red de alcantarillado y suelen disponerse en las calles o en zonas especiales de servidumbre. Se utilizan para el transporte de las aguas residuales provenientes de uno o más edificios a las alcantarillas principales.

2.- Secundarias: Se utilizan para transportar el agua residual procedente de una o varias alcantarillas laterales a los colectores o interceptores.

3.- Colector: Está constituido por el conjunto de tuberías que recibe el caudal de dos o alcantarillas secundarias, el cual será transportada al interceptor o emisor. En los colectores no se podrá realizar conexiones prediales.

4.- Interceptores: Son aquellas alcantarillas que se utilizan para interceptar y recoger las aguas residuales procedente de uno o varios colectores o alcantarillas secundarias, transportándolo al emisor.

5.- Emisor: Es la alcantarilla que recibe las aguas residuales de los colectores y/o interceptores cuya función es conducir todo el caudal de las aguas residuales y/o lluvias a su punto de entrega, que puede ser una Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR).

En la figura N°2.4 se puede apreciar los elementos básicos que constituyen una red de alcantarillado sanitario.

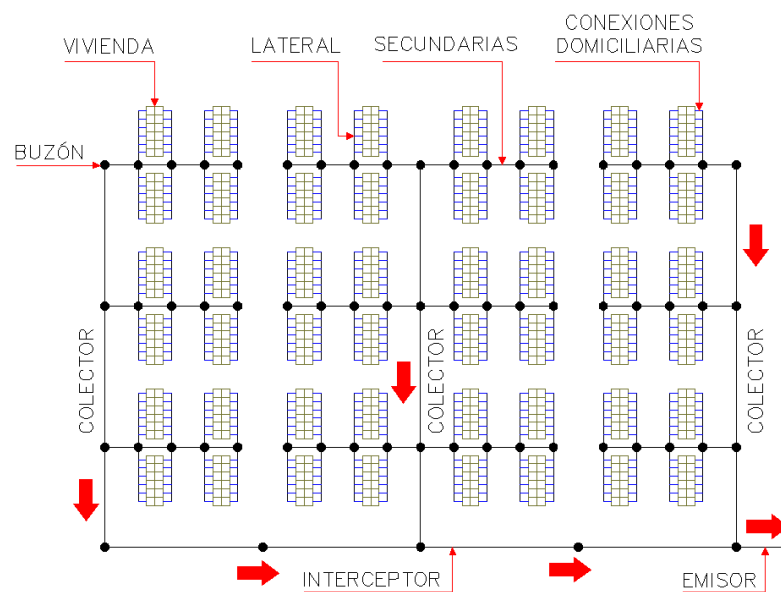


Figura N°2.4 Representación gráfica de una red de alcantarillado sanitario

6.- Buzón: Son estructuras prefabricadas o construidas in situ, cuyo uso principal es para el cambio de dirección, pendiente, material, diámetro, ventilación de la alcantarilla y la inspección del personal de mantenimiento para realizar los trabajos de mantenimiento; y cuya separación dependerá del diámetro de la alcantarilla como especifique la norma técnica de cada país. En la figura N°2.5 se observa un buzón típico.

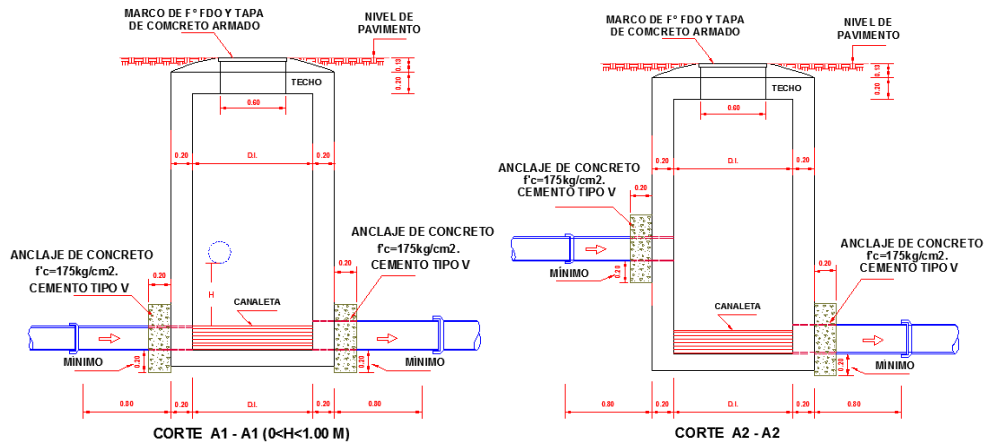


Figura N°2.5 Buzón típico de concreto de una red de alcantarillado sanitario

7.- Sifones invertidos: Son estructuras que se utiliza cuando existe una corriente de agua, depresión del terreno, tuberías, viaductos, entre otros obstáculos que se encuentren a la misma cota que debería pasar normalmente la tubería de alcantarillado.

8.- Buzón de caída: son estructuras que por razones topográficas se suelen construir para permitir en su interior los cambios bruscos de nivel

#### 2.2.6 Consideraciones Hidráulicas, Estructurales, Geotécnicos y Topográficos de Colectores de Grandes Diámetros

Para definir las consideraciones a tener en cuenta para los colectores de grandes diámetros, primero se debe definir a partir de qué diámetro se considera colector de gran diámetro, para tal interrogante, se toma las consideraciones técnicas de SEDAPAL para el uso de tuberías y accesorios en obras de alcantarillado sanitario, en la cual, SEDAPAL hace la clasificación de las tuberías de alcantarillado sanitario según el diámetro nominal considerando tuberías menores de 600 mm, y las mayores o iguales a 600 mm (SEDAPAL, 2022). En tal sentido, para el presente trabajo se considerará colectores de grandes diámetros a aquellos colectores de diámetros nominal mayores o iguales a 600 mm.

Las consideraciones a tener en cuenta para los colectores de grandes diámetros, son aquellos que permitirán tener una visión más amplia del comportamiento de los colectores frente diferentes amenazas de origen natural o antrópicas. Entre las

consideraciones más relevantes podemos mencionar a las consideraciones hidráulicas, estructurales, geotécnicos y topográficos.

#### *2.2.6.1 Consideraciones Hidráulicas*

Dentro de los parámetros hidráulicos más importantes podemos mencionar la capacidad de conducción que tiene una tubería, tipo de sección de la tubería y el régimen del flujo que conduce la tubería.

Para una adecuada evacuación de las aguas residuales de un colector, se debe considerar lo descrito en la Norma OS.070 del RNE, tanto en la etapa de diseño como ejecución de obra de un proyecto de alcantarillado sanitario.

#### *2.2.6.2 Consideraciones Estructurales*

Al tratarse de colectores de grandes diámetros, las tuberías no solo están sometidas a mayores cargas externas, sino también, a un mayor caudal de evacuación, por tanto, a mayores cantidades de gases erosivos (Sauermann, 2024).

La selección del tipo de tubería, depende de las cargas externas (resistencia al impacto, flexibilidad, rigidez), resistencia a los químicos y a la abrasión (Pavco, 2023).

#### *2.2.6.3 Consideraciones Geotécnicas*

Los proyectos de alcantarillado sanitario, son proyectos predominantemente longitudinales, dicha característica conlleva a tener diferentes tipos de suelo, haciendo esto tomar diferentes decisiones al momento de diseñar y ejecutar la obra (tipos de tuberías, características de los buzones, métodos de excavación de zanja, material de préstamos para el relleno de zanja, entre otros).

El tipo de tubería a elegir dependerá mucho del tipo de suelo que se tenga (la agresividad del suelo debido al PH, sulfatos, cloruro y sales solubles totales) y del nivel de la napa freática, por lo tanto, de dicha elección dependerá la durabilidad del colector.

#### 2.2.6.4 Consideraciones Topográficas

Al hablar de colectores de grandes diámetros, indirectamente se está hablando de un gran caudal que transportan estos colectores, por ende, es de vital importancia controlar la velocidad flujo, así también, se debe tener en cuenta la pendiente mínima que garantice la autolimpieza de la tubería, y de igual manera controlar la pendiente máxima para que no generen velocidades altas, porque las tuberías pueden presentar erosión en su estructura; además, al tratarse de obras de gran envergadura el movimiento de tierras es fundamental para así minimizar costos del proyecto.

#### 2.2.7 Cálculo Hidráulico de un Colector

Los colectores de cualquier tipo de alcantarillado se diseñan para trabajar a flujo libre, por gravedad. Sólo en algunos puntos específicos tales como los sifones invertidos, se permite el flujo a presión.

La ecuación base para el diseño de un colector es la ecuación de Manning.

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad \Rightarrow \quad Q = A \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \quad (2.11)$$

Donde:

V = Velocidad media en la sección (m/s)

Q = Caudal de las aguas residuales (m³/s)

A = Área de la sección de flujo (m²)

R = Radio hidráulico (m)

n = Coeficiente de rugosidad de Manning

S = Pendiente del colector (m/m)

Se debe tener presente que el diseño de la red de colectores será diferente para flujo subcrítico que para flujo supercrítico. De todas maneras, el flujo deberá ser estable y para ello el Número de Froude debe estar entre los valores:

$$0.90 > F_r > 1.10$$

El Número de Froude se calcula mediante la siguiente expresión:

$$F_r = \frac{V}{\sqrt{gH}} \quad (2.12)$$

Donde:

H = Profundidad hidráulica (área del fluido dividido por el ancho de la superficie libre)

V = Velocidad media en la sección (m/s)

g = Aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)

Como se indicó anteriormente, la unión de los colectores se hace mediante una cámara de inspección (buzón); para realizar dicha unión o empalme de los colectores a los buzones, existe varios criterios, como:

- Empalme por cota clave (cota superior de la tubería).
- Empalme por la cota de batea (cota inferior de la tubería).
- Empalme por el 80% de los diámetros.
- Empalme por la línea de energía.

De los métodos anteriores, el más acertado desde el punto de vista hidráulico, es el de línea de energía, dicho método se cumple para cualquier diámetro y depende del régimen del flujo, no obstante, es diferente la metodología para el empalme por la línea de energía en régimen subcrítico o supercrítico.

1.- Empalme por la Línea de Energía para Flujo Subcrítico: El empalme por la línea de energía consiste en igualar la cota de energía del colector entrante al buzón, y la cota de energía del colector saliente. Al realizar el empalme de la tubería se produce varias pérdidas de energía; las más importantes son la pérdida de energía por cambio de dirección y la pérdida debido a la intersección. La consideración de la pérdida de energía en el buzón implica una diferencia de alturas entre la línea de energía saliente y la línea de energía del colector que llega al buzón.

$$\Delta H_p = \Delta H_c + \Delta H_e \quad (2.13)$$

Donde:

$\Delta H_c$  = Pérdida de energía por cambio de dirección.

$\Delta H_e$  = Pérdida de energía por la transición.



La pérdida de energía por cambio de dirección, para flujo subcrítico o flujo supercrítico, es calculado en función de la relación entre el radio de curvatura del buzón ( $r_c$ ), y el diámetro del colector ( $D_c$ ). De la tabla N°2.3 se obtiene el término " $KV_1^2/2g$ " para evaluar esta pérdida de energía.

Tabla N°2.3 Pérdida de energía por cambio de dirección (López, 2003)

Régimen	$r_c/D_c$	$\Delta H_c$
Subcrítico	$>3.0$	$0.05 V_1^2/2g$
	$1.5 - 3.0$	$0.20 V_1^2/2g$
	$1.0 - 1.5$	$0.40 V_1^2/2g$
Supercrítico	$6.0 - 8.0$	$0.40 V_1^2/2g$
	$8.0 - 10.0$	$0.20 V_1^2/2g$
	$>10.0$	$0.05 V_1^2/2g$

Las pérdidas de energía en una transición obedecen al aumento o a la reducción de la velocidad debido a un cambio de diámetro.

$$\Delta H_e = K \left( \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) \quad (2.14)$$

Donde:

$K = 0.20$  para un aumento de velocidad.

Si el término  $\Delta H_e$  resulta negativo, no se debe considerar para el cálculo del término  $\Delta H_p$ , ya que tenerlo en cuenta equivaldría a elevar la cota de la batea del colector saliente, lo cual no se debería hacer bajo ninguna circunstancia.

2.- Empalme por la Línea de Energía para Flujo Supercrítico: Se establece la sección de control a la entrada de la tubería saliente, de tal manera que la elevación del agua no sea mayor que la elevación de la lámina de agua en las tuberías entrantes al buzón. La entrada de la tubería de salida puede realizarse de manera sumergida o no, y eso depende del diámetro y caudal de ésta.

Para el caso de entrada no sumergida:

$$\frac{Q}{D^2 \sqrt{gD}} < 0.62 \quad (2.15)$$

Donde:

Q = Caudal de la tubería de salida (m<sup>3</sup>/s).

D = Diámetro de la tubería de salida (m).

g = Aceleración de la gravedad (g = 9.81 m/s<sup>2</sup>)

La caída en el buzón, H<sub>w</sub>, se obtiene de la ecuación:

$$\frac{H_w}{D} = K \left( \frac{H_c}{D} + \frac{H_e}{D} \right) \quad (2.16)$$

Donde:

H<sub>c</sub> = Energía específica para las condiciones de flujo crítico ( $H_c = Y_c + \frac{V_c^2}{2g}$ )

H<sub>e</sub> = Incremento de la altura debido a las pérdidas. Su valor se obtiene de la ecuación empírica siguiente:

$$H_e = 0.589D \left( \frac{Q}{Q^2 \sqrt{gD}} \right)^{2.67} \quad (2.17)$$

K = Coeficiente que depende de la relación del diámetro del buzón con el diámetro de la tubería saliente. Se indica en la tabla N°2.4

Tabla N°2.4 Coeficiente K (López, 2003)

$\frac{D_{Buzón}}{D_{Salida}}$	K
>2.0	1.2
1.6 – 2.0	1.3
1.3 – 1.6	1.4
<1.3	1.5

Para el caso de entrada sumergida:

$$\frac{Q}{D^2 \sqrt{gD}} > 0.62 \quad (2.18)$$

La caída del buzón se determina a partir de la siguiente ecuación:

$$\frac{H_w}{D} = K[0.70 + 1.91(\frac{Q}{D^2 \sqrt{gD}})^2] \quad (2.19)$$

## Capítulo III: Cálculo de niveles de amenaza en colectores de grandes diámetros

### 3.1 Propuesta metodológica para calcular el nivel de amenaza en colectores de grandes diámetros

Para el cálculo del nivel de amenaza en colectores de grandes diámetros, se utilizará la metodología descrita en la figura N°3.1.

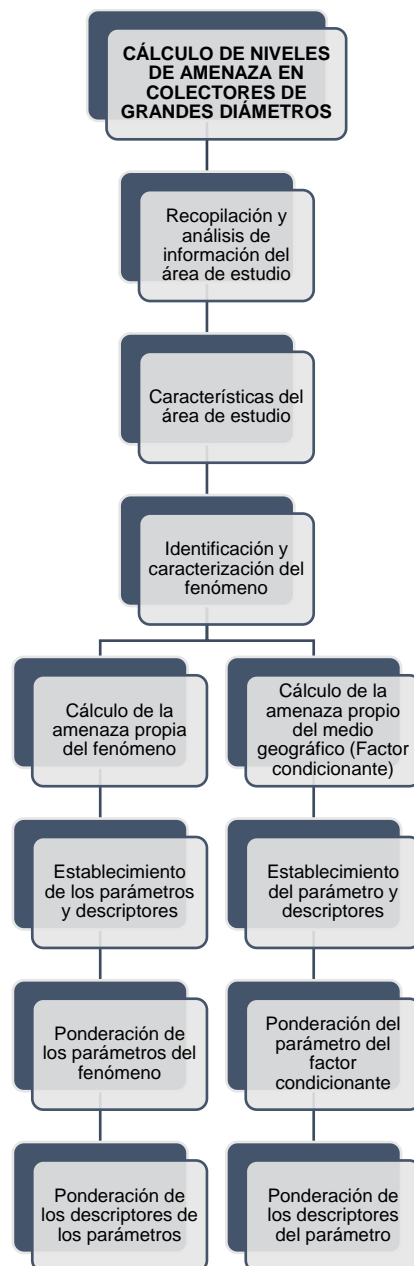


Figura N°3.1 Propuesta metodológica para el cálculo del nivel de amenaza

La suma de la amenaza propia del fenómeno y la susceptibilidad, es la amenaza total generada por el fenómeno en estudio; teniendo el valor de la amenaza total se determinan los niveles de la amenaza, clasificándose de acuerdo a la escala del nivel de amenaza (ver tabla N°3.1) determinada por el proceso de análisis jerárquico, como se puede apreciar en el anexo N°01.

Tabla N°3.1 Nivel de Amenaza

NIVEL DE AMENAZA	
MUY ALTO	$0.260 \leq A \leq 0.503$
ALTO	$0.134 \leq A < 0.260$
MEDIO	$0.068 \leq A < 0.134$
BAJO	$0.035 \leq A < 0.068$

Para la presente tesis se aplica la metodología propuesta para el cálculo del nivel de amenaza del Colector Canto Grande, ya que dicho colector tiene un diámetro mayor o igual a 600 mm, entrando en la categoría de colectores de grandes diámetros.

### 3.2 Recopilación y análisis de información

La información recopilada tales como topografía, climatología, geología y geomorfología del distrito San Juan de Lurigancho, fue realizada de estudios publicados por entidades técnico científicos competentes (CISMID, INEI, SENAMHI, SIGRID, SEDAPAL y MVCS).

### 3.3 Características del área de estudio

El distrito de San Juan de Lurigancho es uno de los 43 distritos de la provincia de Lima, encontrándose ubicada al Noreste de la provincia de Lima, tiene una superficie de 131.25 km<sup>2</sup> y su altitud varía desde 179.90 m.s.n.m., que alcanza la ribera del río Rímac a la altura de Piedra Liza, hasta 2240 m.s.n.m., en las cumbres del Cerro Colorado Norte.

#### 3.3.1 Ubicación:

El distrito de San Juan de Lurigancho limitando por el Norte con el distrito de Carabaylo, por el Oeste con los distritos de Comas e Independencia, por el Sur con los distritos del Rímac, Cercado de Lima y El Agustino y por el Este con el distrito de Lurigancho (ver figura N°3.2)



Figura N°3.2 Distrito de San Juan de Lurigancho y sus límites

El área de influencia abarca toda la extensión (recorrido) del Colector Canto Grande que tiene aproximadamente 11.156 Km de longitud, el cual se encuentra dentro de las avenidas Fernando Wiesse, Próceres de la Independencia y 9 de Octubre del distrito de San Juan de Lurigancho; hasta descargar en el Colector N°6 a la altura de la Plaza de Acho del distrito del Rímac; en la figura N°3.3 se muestra el área de influencia delimitado por una poligonal cuyos vértices tienen las siguientes coordenadas descritas a continuación:

- Vértice A: Latitud: 11°57'27.91"S y Longitud: 76°59'18.14"O
- Vértice B: Latitud: 11°57'35.19"S y Longitud: 76°59'7.27"O
- Vértice C: Latitud: 11°58'23.63"S y Longitud: 76°59'43.74"O
- Vértice D: Latitud: 11°58'15.73"S y Longitud: 76°59'51.38"O
- Vértice E: Latitud: 11°58'40.04"S y Longitud: 77° 0'8.00"O
- Vértice F: Latitud: 11°58'34.81"S y Longitud: 77° 0'16.68"O
- Vértice G: Latitud: 11°59'10.25"S y Longitud: 77° 0'21.61"O
- Vértice H: Latitud: 11°59'6.16"S y Longitud: 77° 0'29.45"O
- Vértice I: Latitud: 11°59'26.21"S y Longitud: 77° 0'35.76"O
- Vértice J: Latitud: 11°59'27.82"S y Longitud: 77° 0'44.90"O
- Vértice K: Latitud: 12° 0'6.56"S y Longitud: 77° 0'25.27"O
- Vértice L: Latitud: 12° 0'9.82"S y Longitud: 77° 0'33.27"O
- Vértice M: Latitud: 12° 0'42.74"S y Longitud: 77° 0'3.44"O
- Vértice N: Latitud: 12° 0'44.06"S y Longitud: 77° 0'11.32"O

- Vértice O: Latitud: 12° 1'2.99"S y Longitud: 77° 0'2.97"O
- Vértice P: Latitud: 12° 0'58.42"S y Longitud: 77° 0'10.69"O
- Vértice Q: Latitud: 12° 1'35.80"S y Longitud: 77° 0'33.02"O
- Vértice R: Latitud: 12° 1'32.02"S y Longitud: 77° 0'40.64"O
- Vértice S: Latitud: 12° 2'15.78"S y Longitud: 77° 0'46.26"O
- Vértice T: Latitud: 12° 2'12.38"S y Longitud: 77° 0'49.88"O
- Vértice U: Latitud: 12° 2'27.83"S y Longitud: 77° 1'3.91"O
- Vértice V: Latitud: 12° 2'23.36"S y Longitud: 77° 1'5.90"O
- Vértice W: Latitud: 12° 2'33.56"S y Longitud: 77° 1'17.90"O
- Vértice X: Latitud: 12° 2'30.55"S y Longitud: 77° 1'19.32"O

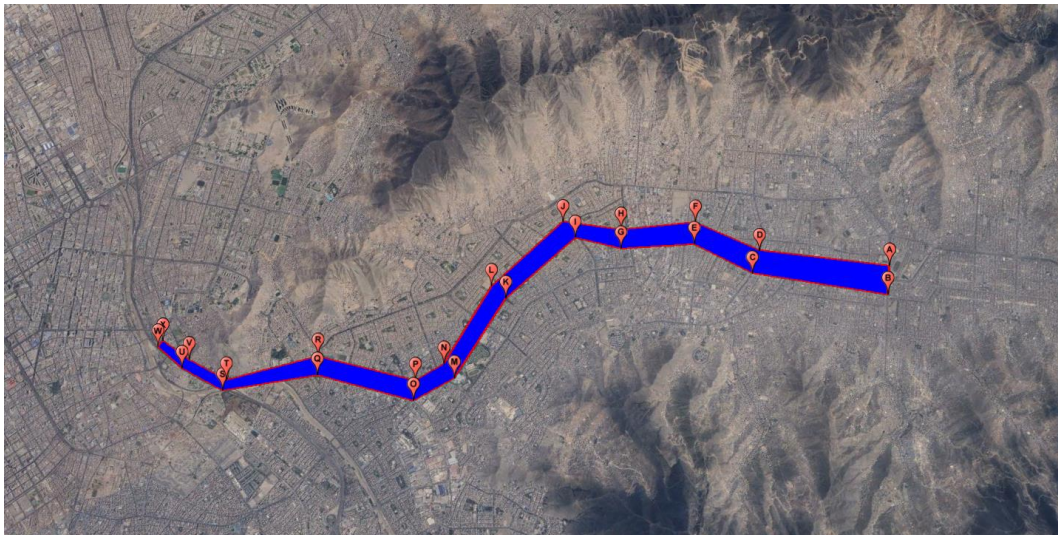


Figura N°3.3 Área de influencia

El Colector Canto Grande nace con la confluencia del Emisor Wiese y el Colector Bayóvar, los cuales se encuentran en las Av. Fernando Wiese y Héroes del Cenepa Oeste respectivamente. La pendiente promedio de la Av. Fernando Wiese hasta su intersección con la Av. Canto Rey es de 2.55%, el cual corresponde al tramo inicial del Colector Canto Grande. Finalizando la Av. Fernando Wiese y comenzando la Av. Próceres de la Independencia hasta su intersección con la Av. Los Postes Este, se tiene una pendiente promedio de 0.97%. En la parte central de la Av. Próceres de la Independencia, que corresponde desde las intersecciones de dicha avenida con las Avenidas Los Postes Este y Túpac Amaru, presenta una pendiente promedio de 0.52%. Ya la parte final del Colector Canto Grande, que comprende desde las intersecciones

de las Av. Próceres de la Independencia y Túpac Amaru, la Av. 9 de Octubre, hasta su descarga final en la Plaza de Acho en el colector N°6, presenta una pendiente promedio de 1.42%. Las zonas próximas correspondientes tanto al margen izquierdo como derecho, tiene cotas inferiores con respecto al trazo del Colector Canto Grande en aproximadamente el 75% de su recorrido de dicho Colector.

### 3.3.2 División Geopolítica:

El distrito de San Juan de Lurigancho por su extensión territorial y el alto número de población, el año 2004, durante la gestión municipal del alcalde Mauricio Rabanal, el distrito fue dividido en 8 Zonas y 27 Comunas. El año 2008, la gestión municipal del alcalde Carlos Burgos, modificó esta distribución y conformó 18 Comunas (ver figura N°3.4) y eliminó las zonas al nivel distrital, el cual conlleva a una mejor distribución de los recursos públicos y para una mejor coordinación y concentración con la población. Las Zonas son espacios territoriales con una tendencia clara de uso homogéneo (residencial, taller o comercial) delimitadas por avenidas principales; por otro lado, las Comunas son divisiones internas de las Zonas, que se han originado debido a la magnitud del territorio, identificando a cada Zona como problemáticas comunes.

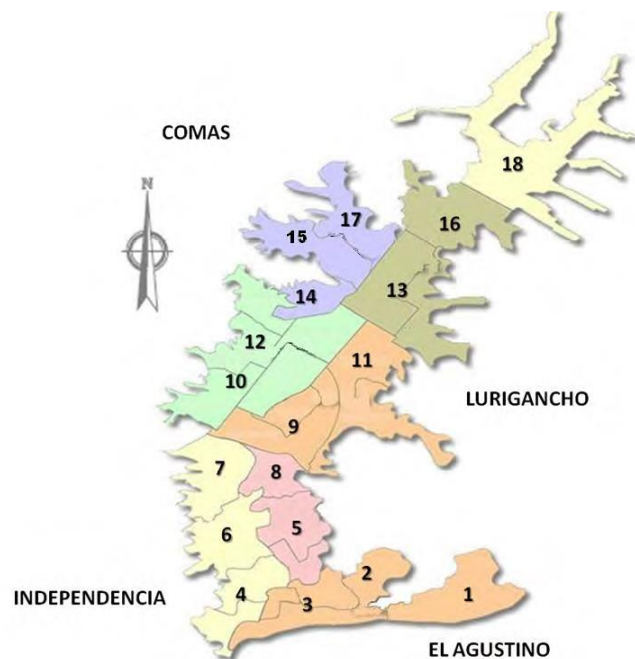


Figura N°3.4 División en comunas del distrito de San Juan de Lurigancho (CODISEC, 2016)



### 3.3.3 Vías de Comunicación

Como principal vía de comunicación el distrito de San Juan de Lurigancho tiene a la Av. Próceres de la Independencia, la cual fue remodelada el año 2008 desde su origen hasta el paradero San Carlos; otra de sus Avenidas principales es la Av. Fernando Wiesse, el cual tiene una extensión de más de 20 cuadras. El distrito de San Juan de Lurigancho se comunica con el distrito El Agustino mediante el puente Las Lomas, el cual tiene una extensión de 60 m de largo y 16 m de ancho, también se cuenta con el puente El Agustino (conocido como puente nuevo) el cual une dichos distritos; el distrito de San Juan de Lurigancho y el distrito del Rímac se unen mediante el túnel San Rosa y San Martín, el cual cada túnel tiene dos carriles y una extensión de aproximadamente 250 m de largo, 7.20 m de ancho y 8 m de alto.

### 3.3.4 Características Sociales

Según el INEI (2024), el distrito de San Juan de Lurigancho cuenta con una población total de 1'264,060 habitantes, convirtiéndolo en el distrito más poblado del Perú.

### 3.3.5 Características Económicas

Según el Partido Político Podemos Perú (2017), los últimos años la actividad económica del distrito de San Juan de Lurigancho se ha basado en actividades principalmente de Servicios, Comercio, Transporte, Actividades artísticas, culturales, Industriales, Textiles, Financieras, Informática, etc.

### 3.3.6 Características Físicas

Según el informe Microzonificación Sísmica del Distrito de San Juan de Lurigancho, realizado el año 2011 por el Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería, las características geomorfológicas y geológicas del distrito de San Juan de Lurigancho se describen a continuación:

#### 3.3.6.1 Geomorfología de San Juan de Lurigancho:

Las unidades geomorfológicas existente en el distrito de San Juan de Lurigancho son clasificadas como quebradas y estribaciones de la cordillera occidental, como se detallan a continuación:

#### ➤ Quebrada

Esta unidad geomorfológica comprende las quebradas afluentes del río Rímac, que permanecen secas la gran parte del año, con presencia de agua sólo en épocas de fuertes precipitaciones en la zona andina y especialmente asociada al fenómeno el Niño; debido a ellos presenta un clima seco, con piso cubierto por depósitos coluviales y materiales de poco transporte, provenientes de las estribaciones de la cordillera occidental.

#### ➤ Estribaciones de la cordillera occidental

Esta geomorfología corresponde a las laderas y restos marginales de la cordillera andina, de topografía abrupta, formados por plutones los cuales han sido emplazados con rumbo NO-SE, los mismos que fueron disectados por la quebrada.

#### 3.3.6.2 Geología de San Juan de Lurigancho:

El distrito de San Juan de Lurigancho presenta cinco zonas con comportamientos dinámicos y mecánicos que representan los diferentes materiales del terreno, los cuales presentarían diferentes comportamientos ante la presencia de un sismo severo (Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2011); ver anexo N°02.

#### 3.3.7 Clima

El clima de San Juan de Lurigancho es templado, considerándose una temperatura media anual de 18°C, con ausencia de precipitación y humedad relativa media de 90% similar al resto de la Provincia de Lima, sin embargo, es más seco que Lima y con más horas de sol.

### 3.4 Identificación y caracterización del fenómeno

#### 3.4.1 Identificación del Fenómeno

Dentro del área de influencia, se puede identificar dos fenómenos naturales, los cuales son: Inundación fluvial y el sismo; según el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo de Desastres (SIGRID), las Av. 9 de Octubre y Av. Malecón Checa son las zonas donde se podría generar una inundación, por otro lado, el Perú está entre los países de más alta actividad sísmica en el mundo, principalmente la zona de la costa peruana, debido a la interacción de las placas

tectónicas de Nazca y Sudamericana, por lo tanto, el distrito de San Juan de Lurigancho al ubicarse en dicha zona, está expuesto a este fenómeno. Siendo el Sismo el fenómeno natural de mayor impacto en obras de infraestructuras sanitarias (Fernando, 2011), por tal motivo, se elige al sismo como el fenómeno de estudio.

### 3.4.2 Caracterización del Fenómeno

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil, Lima y Callao espera un escenario sísmico de 8.8 Mw, como lo señala en su informe realizado el año 2017 que lleva por título “Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw”.

## 3.5 Cálculo de la amenaza propia del fenómeno sismo

### 3.5.1 Establecimiento de Parámetros y Descriptores

Se establecen los parámetros que permiten caracterizar al fenómeno sísmico, así como, los descriptores que mejor describan los parámetros del fenómeno sismo; ver tabla N°3.2.

Tabla N°3.2 Parámetros del fenómeno sismo y sus respectivos descriptores

Parámetros del Sismo	Intensidad Sísmica
	Magnitud Sísmica
	Aceleración Máxima del Suelo
Descriptor del Parámetro Intensidad Sísmica	IS1: XI y XII
	IS2: IX y X
	IS3: VI, VII y VIII
	IS4: III, IV y V
	IS5: I y II
Descriptor del Parámetro Magnitud Sísmica	MS1: Mayor a 8.0
	MS2: 6.0 a 7.9
	MS3: 4.5 a 5.9
	MS4: 3.5 a 4.4
	MS5: Menor a 3.4
Aceleración Máxima del Suelo (PGA)	$PGA \geq 0.45g$
	$0.35g \leq PGA < 0.45g$
	$0.25g \leq PGA < 0.35g$
	$0.10g \leq PGA < 0.25g$
	$PGA < 0.10g$

### 3.5.2 Ponderación de los Parámetros del Fenómeno Sismo

#### 3.5.2.1 Ponderación de los parámetros sísmicos

Paso 1: Parámetros. El número de parámetros establecidos determina el número de filas y columnas (ver tabla N°3.3) en la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

Tabla N°3.3 Matriz cuadrada de ponderación de los parámetros del sismo

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica			
Magnitud Sísmica			
PGA			

Paso 2: Matriz de Comparación de Pares. Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty (ver tablas N°3.4, N°3.5, N°3.6 y N°3.7).

Tabla N°3.4 Matriz de comparación de pares

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.00		
Magnitud Sísmica		1.00	
PGA			1.00

La comparación de dos parámetros de igual importancia dará la unidad (1: igual importancia)

Tabla N°3.5 Matriz comparación de los parámetros (intensidad y magnitud sísmica) del sismo

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.00	3.00	
Magnitud Sísmica	1/3	1.00	
PGA			1.00

3: Intensidad sísmica es 3 veces más importante que Magnitud sísmica (ligeramente más importante).

1/3: Magnitud sísmica es 3 veces menos importante que Intensidad sísmica (ligeramente menos importante).

Tabla N°3.6 Matriz comparación de los parámetros (intensidad sísmica y PGA) del sismo

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.00	3.00	5.00
Magnitud Sísmica	1/3	1.00	
PGA	1/5		1.00

5: Intensidad sísmica es 5 veces más importante que PGA (más importante).

1/5: PGA es 5 veces menos importante que Intensidad sísmica (menos importante).

Tabla N°3.7 Matriz comparación de los parámetros (magnitud sísmica y PGA) del sismo

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.00	3.00	5.00
Magnitud Sísmica	1/3	1.00	2.00
PGA	1/5	1/2	1.00

2: Magnitud sísmica es 2 veces más importante que PGA (ligeramente más importante).

1/2: PGA es 2 veces menos importante que Magnitud sísmica (ligeramente menos importante).

Terminada la comparación de pares tenemos la Matriz terminada (ver tabla N°3.8).

Tabla N°3.8 Matriz de parámetros del sismo

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.00	3.00	5.00
Magnitud Sísmica	1/3	1.00	2.00
PGA	1/5	1/2	1.00

Paso 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para facilitar el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales (ver tabla N°3.9).

Tabla N°3.9 Valores de la matriz de parámetros en decimales y suma e inversa de la suma

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	1.000	3.000	5.000
Magnitud Sísmica	0.333	1.000	2.000
PGA	0.200	0.500	1.000
Suma	1.533	4.500	8.000
1/Suma	0.652	0.222	0.125

Paso 4: Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente (ver tabla N°3.10).

Tabla N°3.10 Valores de la matriz de parámetros en decimales y suma e inversa de la suma

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	0.652	0.667	0.625
Magnitud Sísmica	0.217	0.222	0.250
PGA	0.130	0.111	0.125

Paso 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad (ver tabla N°3.11).

Tabla N°3.11 Vector priorización

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA	Vector Priorización (Ponderación)
Intensidad Sísmica	0.652	0.667	0.625	0.648
Magnitud Sísmica	0.217	0.222	0.250	0.230
PGA	0.130	0.111	0.125	0.122
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

El vector priorización indica la importancia (peso) de cada parámetro en la determinación del nivel de amenaza expresada en porcentajes (ver tabla N°3.12).

Tabla N°3.12 Peso de cada parámetro del sismo expresado en porcentaje

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
Intensidad Sísmica	0.648	64.79%
Magnitud Sísmica	0.230	22.99%
PGA	0.122	12.22%

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC):

Este coeficiente debe ser menor al 4% ( $RC < 0.04$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Se halla el Vector Suma Ponderada: Se obtiene por una multiplicación de matrices (ver tabla N°3.13).

Tabla N°3.13 Determinación del vector suma ponderada de los parámetros

PARÁMETROS	Intensidad Sísmica	Magnitud Sísmica	PGA
Intensidad Sísmica	0.652	0.667	0.625
Magnitud Sísmica	0.217	0.222	0.250
PGA	0.130	0.111	0.125

$$\begin{array}{c}
 \text{X} \\
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 \text{Vector Priorización} \\
 \text{(Ponderación)} \\
 \hline
 0.648 \\
 \hline
 0.230 \\
 \hline
 0.122 \\
 \hline
 \end{array}
 \end{array}
 =
 \begin{array}{|c|}
 \hline
 \text{Vector Suma} \\
 \text{Ponderada} \\
 \hline
 1.948 \\
 \hline
 0.690 \\
 \hline
 0.367 \\
 \hline
 \end{array}$$

Paso 2: Hallando  $\lambda_{\text{máx}}$ . Se determina al dividir los valores del Vector Suma Ponderada y el Vector de Priorización (ver tabla N°3.14).

Tabla N°3.14 División de vectores para la determinación del  $\lambda_n$  de los parámetros

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
1.948		0.648		3.007
0.690	÷	0.230	=	3.003
0.367		0.122		3.001

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{3.007 + 3.003 + 3.001}{3} = 3.004$$

Paso 3: Hallando el Índice de Consistencia (IC)

$$IC = \frac{3.004 - 3}{3 - 1} = 0.002$$

Paso 4: Hallando la Relación de Consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.002}{0.525} = 0.004 < 0.04 \text{ OK!}$$

Los valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100000 matrices (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) son (ver tabla N°3.15):

Tabla N°3.15 Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

### 3.5.3 Ponderación de los Descriptores de los Parámetros

#### 3.5.3.1 Ponderación de los descriptores del parámetro intensidad del sismo

Paso 1: Descriptores. El número de descriptores establecidos determina el número de filas y columnas (ver tabla N°3.16) en la matriz de ponderación (matriz cuadrada).

Tabla N°3.16 Matriz cuadrada de ponderación de descriptores de la intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1					
IS2					
IS3					
IS4					
IS5					

- IS1: XI y XII. Destrucción total, puentes destruidos, grandes grietas en el suelo. Las ondas sísmicas se observan en el suelo y objetos son lanzados al aire.



- IS2: IX y X. Todos los edificios resultan con daños severos, muchas edificaciones son desplazadas de su cimentación. El suelo resulta considerablemente fracturado.
- IS3: VI, VII y VIII. Sentido por todos, los muebles se desplazan, daños considerables en estructuras de pobre construcción. Daños ligeros en construcciones de buen diseño.
- IS4: III, IV y V. Notado por muchos, sentido en el interior de las viviendas, los árboles y postes se balancean.
- IS5: I y II. Casi nadie lo siente y/o sentido por unas cuantas personas.

Paso 2: Matriz de Comparación de Pares. Se realiza la comparación de pares para la determinación de la importancia relativa usando la escala de Saaty (ver tablas N°3.17, N°3.18, N°3.19, N°3.20 y N°3.21).

Tabla N°3.17 Matriz de comparación de pares

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00				
IS2		1.00			
IS3			1.00		
IS4				1.00	
IS5					1.00

La comparación de dos descriptores de igual importancia dará la unidad (1: igual importancia)

Tabla N°3.18 Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS2) de la intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00			
IS2	1/3	1.00	3.00		
IS3		1/3	1.00	3.00	
IS4			1/3	1.00	3.00
IS5				1/3	1.00

3: IS1 es 3 veces más importante que IS2 (ligera y más importante).

1/3: IS2 es 3 veces menos importante que IS1 (ligera y menos importante).

Tabla N°3.19 Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS3) de la intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00	5.00		
IS2	1/3	1.00	3.00	5.00	
IS3	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
IS4		1/5	1/3	1.00	3.00
IS5			1/5	1/3	1.00

5: IS1 es 5 veces más importante que IS3 (más importante).

1/5: IS3 es 5 veces menos importante que IS1 (menos importante).

Tabla N°3.20 Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS4) de la intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00	5.00	7.00	
IS2	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00
IS3	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
IS4	1/7	1/5	1/3	1.00	3.00
IS5		1/7	1/5	1/3	1.00

7: IS1 7 veces más importante que IS4 (mucho más importante).

1/7: IS4 es 7 veces menos importante que IS1 (mucho menos importante).

Tabla N°3.21 Matriz de comparación de los descriptores (IS1 y IS5) de la intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
IS2	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00
IS3	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
IS4	1/7	1/5	1/3	1.00	3.00
IS5	1/9	1/7	1/5	1/3	1.00

9: IS1 9 veces más importante que IS5 (absolutamente más importante).

1/9: IS5 es 9 veces menos importante que IS1 (absolutamente menos importante).

Terminada la comparación de pares tenemos la Matriz terminada (ver tabla N°3.22).

Tabla N°3.22 Matriz de descriptores del parámetro intensidad sísmica

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
IS2	1/3	1.00	3.00	5.00	7.00
IS3	1/5	1/3	1.00	3.00	5.00
IS4	1/7	1/5	1/3	1.00	3.00
IS5	1/9	1/7	1/5	1/3	1.00

Paso 3: Los valores de la matriz deben estar en decimales para facilitar el cálculo de la ponderación. Se suma cada columna de la matriz para obtener la inversa de las sumas totales (ver tabla N°3.23).

Tabla N°3.23 Valores de la matriz de descriptores en decimales y suma e inversa de la suma

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00
IS2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00
IS3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00
IS4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00
IS5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00
Suma	1.79	4.68	9.53	16.33	25.00
1/Suma	0.56	0.21	0.10	0.06	0.04

Paso 4: Matriz de Normalización. Se elabora la matriz multiplicando la inversa de las sumas totales por cada elemento de su columna correspondiente (ver tabla N°3.24).

Tabla N°3.24 Matriz normalización

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5
IS1	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36
IS2	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28
IS3	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20
IS4	0.08	0.04	0.04	0.06	0.12
IS5	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04

Paso 5: Se determina el vector priorización (ponderación), mediante la suma promedio de cada fila. Debe cumplir que la suma de cada columna debe ser igual a la unidad (ver tabla N°3.25).

Tabla N°3.25 Vector priorización

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5	Vector Priorización (Ponderación)
IS1	0.56	0.64	0.52	0.43	0.36	0.503
IS2	0.19	0.21	0.31	0.31	0.28	0.260
IS3	0.11	0.07	0.10	0.18	0.20	0.134
IS4	0.08	0.04	0.04	0.06	0.12	0.068
IS5	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04	0.035
Suma	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

El vector priorización indica la importancia (peso) de cada descriptor en la determinación del nivel de amenaza expresada en porcentajes (ver tabla N°3.26).

Tabla N°3.26 Peso de cada descriptor de la intensidad sísmica expresado en porcentaje

	Vector Priorización (Ponderación)	Porcentaje
IS1	0.503	50.28%
IS2	0.260	26.02%
IS3	0.134	13.44%
IS4	0.068	6.78%
IS5	0.035	3.48%

Cálculo de la Relación de Consistencia (RC):

Este coeficiente debe ser menor al 10% ( $RC < 0.10$ ), lo que nos indica que los criterios utilizados para la comparación de pares es la más adecuada.

Paso 1: Se halla el Vector Suma Ponderada: Se obtiene por una multiplicación de matrices (ver tabla N°3.27).

Tabla N°3.27 Determinación del vector suma ponderada de los descriptores

DESCRIPTORES	IS1	IS2	IS3	IS4	IS5		Vector Priorización (Ponderación)
IS1	1.00	3.00	5.00	7.00	9.00	X	0.503
IS2	0.33	1.00	3.00	5.00	7.00		0.260
IS3	0.20	0.33	1.00	3.00	5.00		0.134
IS4	0.14	0.20	0.33	1.00	3.00		0.068
IS5	0.11	0.14	0.20	0.33	1.00		0.035

=	Vector Suma Ponderada
	2.743
	1.414
	0.699
	0.341
	0.177

Paso 2: Hallando  $\lambda_{\text{máx}}$ . Se determina al dividir los valores del Vector Suma Ponderada y el Vector de Priorización (ver tabla N°3.28).

Tabla N°3.28 División de vectores para la determinación del  $\lambda_n$  de los descriptores

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743	÷	0.503	=	5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{5.455 + 5.432 + 5.204 + 5.030 + 5.093}{5} = 5.243$$

Paso 3: Hallando el Índice de Consistencia (IC)

$$IC = \frac{5.243 - 5}{5 - 1} = 0.061$$

Paso 4: Hallando la Relación de Consistencia (RC)

$$RC = \frac{IC}{IA} = \frac{0.061}{1.115} = 0.054 < 0.10 \text{ OK!}$$

Los valores del Índice Aleatorio (IA) para los diferentes “n”, obtenidos mediante la simulación de 100000 matrices (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003) son (ver tabla N°3.29):

Tabla N°3.29 Valores del índice aleatorio (Aguarón & Moreno-Jiménez, 2003)

n	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
IA	0.525	0.882	1.115	1.252	1.341	1.404	1.452	1.484	1.513	1.535	1.555	1.570	1.583	1.595

Finalmente se tiene la tabla N°3.30 que muestra la ponderación del parámetro intensidad del sismo y sus descriptores.

Tabla N°3.30 Ponderación del parámetro intensidad del sismo y sus descriptores

PARÁMETRO		INTENSIDAD SÍSMICA	Peso Ponderado: 0.648	
DESCRIPTORES	IS1	XI y XII	PIS1	0.503
	IS2	IX y X	PIS2	0.260
	IS3	VI, VII y VIII	PIS3	0.134
	IS4	III, IV y V	PIS4	0.068
	IS5	I y II	PIS5	0.035

Donde:

IS1, IS2, IS3, IS4 y IS5: Descriptores del parámetro Intensidad Sísmica

PIS1, PIS2, PIS3, PIS4 y PIS5: Pesos ponderados de descriptores

### 3.5.3.2 Ponderación de los descriptores del parámetro magnitud del sismo

Luego de realizar los cálculos (ver anexo N°03), se obtiene la siguiente tabla N°3.31 que muestra la ponderación de los descriptores del parámetro magnitud sísmica.

Tabla N°3.31 Ponderación del parámetro magnitud del sismo y sus descriptores

PARÁMETRO		MAGNITUD SÍSMICA	Peso Ponderado: 0.230	
DESCRIPTORES	MS1	Mayor a 8.0	PMS1	0.503
	MS2	6.0 a 7.9	PMS2	0.260
	MS3	4.5 a 5.9	PMS3	0.134
	MS4	3.5 a 4.4	PMS4	0.068
	MS5	Menor a 3.4	PMS5	0.035

### 3.5.3.3 Ponderación de los descriptores del parámetro aceleración máxima del suelo

Luego de realizar los cálculos (ver anexo N°03), se obtiene la siguiente tabla N°3.32 que muestra la ponderación de los descriptores del parámetro magnitud sísmica.

Tabla N°3.32 Ponderación de los descriptores del parámetro aceleración máxima del suelo

PARÁMETRO		ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO	Peso Ponderado: 0.122	
DESCRIPTORES	PGA1	$PGA \geq 0.45g$	PPGA1	0.503
	PGA2	$0.35g \leq PGA < 0.45g$	PPGA2	0.260
	PGA3	$0.25g \leq PGA < 0.35g$	PPGA3	0.134
	PGA4	$0.10g \leq PGA < 0.25g$	PPGA4	0.068
	PGA5	$PGA < 0.10g$	PPGA5	0.035

El valor de la amenaza propio del fenómeno sismo, se determina multiplicando el valor del parámetro sísmico con el valor de su correspondiente descriptor correspondiente (ver tabla N°3.33).

Descriptores de los Parámetros del Fenómeno Sísmico: Magnitud de 8.8 Mw e intensidad de X (INDECI, 2017), por otro lado, el distrito de San Juan de Lurigancho se encuentra ubicado en la Zona 4 según el D.S 003 – 2016 – Vivienda (Norma Técnica E.030), llevándolo a presentar un PGA igual a 0.45g.

$$\sum_{i=1}^{n=3} \text{Parámetro}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Tabla N°3.33 Cálculo del valor de la amenaza de cada parámetro del fenómeno sísmico

SISMO	INTENSIDAD SÍSMICA	Parámetro	Descriptor	Valor
		0.648	0.260	0.169
	MAGNITUD SÍSMICA	Parámetro	Descriptor	Valor
		0.230	0.503	0.116
	PGA	Parámetro	Descriptor	Valor
		0.122	0.503	0.061

Para obtener el valor de la amenaza propio del fenómeno sismo, se suma todos los valores de sus parámetros.

$$\text{Valor}_{\text{Sismo}} = 0.169 + 0.116 + 0.061 = 0.346$$

### 3.6 Cálculo de la amenaza propio del medio geográfico (factor condicionante)

Para calcular la amenaza del medio geográfico, se tiene que calcular el valor de la amenaza generada por el factor condicionante.

#### 3.6.1 Factor Condicionante del Fenómeno Sismo

El parámetro del factor condicionante para el fenómeno sismo a considerar es el tipo del perfil del suelo (ver tabla N°3.34). El peso del parámetro asignado es la unidad (1) debido que solo se tiene un parámetro; mientras los pesos de los descriptores fueron obtenidos por el método de proceso de análisis jerárquico como se detalla en el anexo N°04.

Tabla N°3.34 Ponderación del parámetro tipo de perfil de suelo y sus descriptores

PARÁMETRO		TIPO DE PERFIL DE SUELO	Peso Ponderado: 1.000	
DESCRIPTORES	S <sub>4</sub>	Condiciones excepcionales	PS <sub>4</sub>	0.503
	S <sub>3</sub>	$V_s \leq 180 \text{ m/s}$	PS <sub>3</sub>	0.260
	S <sub>2</sub>	$180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$	PS <sub>2</sub>	0.134
	S <sub>1</sub>	$500 \text{ m/s} < V_s \leq 1500 \text{ m/s}$	PS <sub>1</sub>	0.068
	S <sub>0</sub>	$V_s > 1500 \text{ m/s}$	PS <sub>0</sub>	0.035

Escenario para el Factor Condicionante del Fenómeno sismo: Según el estudio realizado por el CISMID el año 2011, el distrito de San Juan de Lurigancho presenta las zona I (zona donde está ubicada el Colector Canto Grande desde su progresiva 0+000 hasta 2+585 y 5+730 hasta 11+156, como se puede apreciar en



los anexos N°02 y N°05) donde la velocidad de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ) está en el intervalo de  $500 \text{ m/s} < V_s \leq 1500 \text{ m/s}$ , y la zona II (zona donde está ubicada el Colector Canto Grande desde su progresiva 2+585 hasta 5+730) donde la velocidad de propagación de las ondas de corte ( $V_s$ ) está en el intervalo de  $180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$ .

$$\sum_{i=1}^{n=1} \text{Parámetro}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Por lo tanto, la susceptibilidad se calcula de la siguiente manera (ver tabla N°3.35 y tabla N°3.36):

Tabla N°3.35 Valor de la Susceptibilidad para el fenómeno sísmico desde progresiva 0+000 hasta 2+585 y 5+730 hasta 11+156

SUSCEPTIBILIDAD		
FACTOR CONDICIONANTE		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
1.000	0.068	0.068

Tabla N°3.36 Valor de la Susceptibilidad para el fenómeno sísmico desde progresiva 2+585 hasta 5+730

SUSCEPTIBILIDAD		
FACTOR CONDICIONANTE		VALOR
VALOR	PESO	
1.000	0.134	0.134

Finalmente, para el cálculo del valor de la amenaza debido al fenómeno sismo, se multiplica por el peso de 0.50 al valor de la amenaza propio del fenómeno y al valor de la amenaza del medio geográfico (CENEPRED, 2014, p.233), para posteriormente sumarlos (ver tabla N°3.37 y tabla N°3.38).

$$\sum_{i=1}^{n=2} \text{Valor}_i \times \text{Peso}_i = \text{Valor}$$

Tabla N°3.37 Cálculo del valor de la Amenaza Sísmica desde progresiva 0+000 hasta 2+585 y 5+730 hasta 11+156

VALOR DE LA AMENAZA SÍSMICA				
SISMO		SUSCEPTIBILIDAD		VALOR
VALOR	PESO	VALOR	PESO	
0.346	0.500	0.068	0.500	0.207

Tabla N°3.38 Cálculo del valor de la Amenaza Sísmica desde progresiva 2+585 hasta 5+730

VALOR DE LA AMENAZA SÍSMICA				
SISMO		SUSCEPTIBILIDAD		VALOR
VALOR	PESO	VALOR	PESO	
0.346	0.500	0.134	0.500	0.240

Considerando la escala del nivel de amenaza determinada (ver tabla N°3.1) por el método de proceso de análisis jerárquico, se puede concluir lo siguiente:

De acuerdo a los valores de las amenazas debido al fenómeno sismo obtenidos (0.207 y 0.240), comprende al intervalo 0.134 – 0.260, dando como resultado que el fenómeno sismo presenta una amenaza de nivel **ALTO**.

### 3.7 MAPA DE AMENAZA

En el anexo N°06 se puede observar el Mapa de Amenaza del área de influencia debido al Fenómeno Sismo, en la cual se puede apreciar que todo recorrido del Colector Canto Grande presenta el color naranjado; que representan un nivel de amenaza alto.

## Capítulo IV: Análisis de vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros

El análisis de vulnerabilidad de los colectores de grandes diámetros se realiza por componentes, de acuerdo a la amenaza identificada y su caracterización. Se verifica si un componente o varios se encuentran expuestos en el área de influencia de la amenaza.

### 4.1 Propuesta metodológica para calcular los niveles de vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros

Para el cálculo de niveles de vulnerabilidad en colectores de grandes diámetros, se utilizará la metodología descrita en la figura N°4.1.

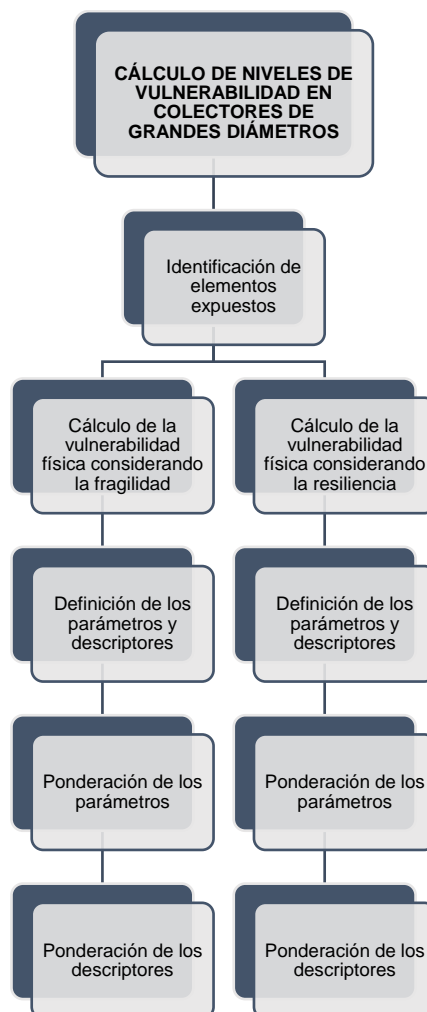


Figura N°4.1 Propuesta metodológica para el cálculo del nivel de vulnerabilidad

La suma de las vulnerabilidades físicas considerando la fragilidad y la resiliencia, es la vulnerabilidad total del colector expuesto; teniendo el valor de la vulnerabilidad total del colector, se determinan los niveles de vulnerabilidad clasificándose de acuerdo a la escala del nivel de vulnerabilidad (ver tabla N°4.1) determinada por el método de análisis jerárquico, como se puede apreciar en el anexo N°07.

Tabla N°4.1 Nivel de Vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD			
MUY ALTO	0.260	$\leq V \leq$	0.503
ALTO	0.134	$\leq V <$	0.260
MEDIO	0.068	$\leq V <$	0.134
BAJO	0.035	$\leq V <$	0.068

#### 4.2 Identificación de elementos expuestos

Los elementos expuestos del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica, son las tuberías y los buzones.

#### 4.3 Cálculo de la vulnerabilidad física considerando la fragilidad

##### 4.3.1 Cálculo de la Vulnerabilidad Física considerando la Fragilidad del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica.

Para determinar el valor de la fragilidad física se considera cuatro parámetros (Estado de Conservación, Tipo de Material de la Tubería, Antigüedad del Colector y Diámetro del Colector), cuyos pesos ponderados fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico (ver anexo N°08). Las tablas N°4.2, N°4.3, N°4.4, N°4.5 y N°4.6, muestran los parámetros de la fragilidad física con sus respectivos descriptores.

Tabla N°4.2 Ponderación del parámetro estado de conservación y sus descriptores

PARÁMETRO		ESTADO DE CONSERVACIÓN	PESO PONDERADO: 0.425	
DESCRIPTORES	EC1	Muy malo	PEC1	0.586
	EC2	Malo	PEC2	0.218
	EC3	Regular	PEC3	0.124
	EC4	Bueno	PEC4	0.072

Tabla N°4.3 Ponderación del parámetro tipo de material y sus descriptores

PARÁMETRO		TIPO DE MATERIAL	PESO PONDERADO: 0.231	
DESCRIPTORES	TM1	MAG o Albañilería	PTM1	0.503
	TM2	CSN o CR	PTM2	0.260
	TM3	ACER o FV	PTM3	0.134
	TM4	PVC o PVC-O	PTM4	0.068
	TM5	Polietileno	PTM5	0.035

Tabla N°4.4 Ponderación del parámetro diámetro del colector y sus descriptores

PARÁMETRO		DIÁMETRO DEL COLECTOR	PESO PONDERADO:0.195	
DESCRIPTORES	D1	$D \geq 600 \text{ mm}$	PD1	0.633
	D2	$300 \text{ mm} \leq D < 600 \text{ mm}$	PD2	0.192
	D3	$D < 30 \text{ mm}$	PD3	0.175

Tabla N°4.5 Ponderación del parámetro antigüedad del colector (tubería de concreto) y sus descriptores

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR	PESO PONDERADO: 0.149	
DESCRIPTORES	AC1	Más de 50 años	PAC1	0.503
	AC2	Entre 40 a 50 años	PAC2	0.260
	AC3	Entre 30 a 40 años	PAC3	0.134
	AC4	Entre 15 a 30 años	PAC4	0.068
	AC5	Menor a 15 años	PAC5	0.035

Tabla N°4.6 Ponderación del parámetro antigüedad del colector (tubería de HDPE) y sus descriptores

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR	PESO PONDERADO: 0.149	
DESCRIPTORES	AC1	Más de 100 años	PAC1	0.503
	AC2	Entre 75 a 100 años	PAC2	0.260
	AC3	Entre 50 a 75 años	PAC3	0.134
	AC4	Entre 25 a 50 años	PAC4	0.068
	AC5	Menor a 25 años	PAC5	0.035

Características del Colector Canto Grande desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156: según (SEDAPAL, 2022) Estado de conservación malo (EC2) debido a la corrosión de la tubería por el ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ); tipo de material (TM2), diámetro es superior a 600 mm (D1) y el tiempo de servicio es de 48 años (AC2).

Características del Colector Canto Grande desde la progresiva 7+614 hasta 7+990: Estado de conservación muy bueno (EC5); tipo de material (TM5), el diámetro es superior a 600 mm (D1) y el tiempo de servicio es de 2 años (AC5).

Para el cálculo del valor de la fragilidad física se multiplica el peso de cada parámetro con su respectivo descriptor, finalmente se realiza la suma de los valores obtenidos (ver tabla N°4.7 y tabla N°4.8).

$$\sum_{i=1}^{i=4} \text{Parámetro}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Tabla N°4.7 Valor de la fragilidad física del Colector Canto Grande desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156 frente a la amenaza sísmica

FRAGILIDAD FÍSICA								
ESTADO DE CONSERVACIÓN		TIPO DE MATERIAL		DIÁMETRO DEL COLECTOR		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.425	0.218	0.231	0.260	0.195	0.633	0.149	0.260	0.315

Tabla N°4.8 Valor de la fragilidad física del Colector Canto Grande desde la progresiva 7+614 hasta 7+990 frente a la amenaza sísmica

FRAGILIDAD FÍSICA								
ESTADO DE CONSERVACIÓN		TIPO DE MATERIAL		DIÁMETRO DEL COLECTOR		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR		VALOR
PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
0.425	0.072	0.231	0.035	0.195	0.633	0.149	0.035	0.167

#### 4.4 Cálculo de la vulnerabilidad física considerando la resiliencia

##### 4.4.1 Cálculo de la Vulnerabilidad Física considerando la Resiliencia del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica

Para determinar el valor de la resiliencia física se toma como referencia el cumplimiento de la Norma OS.070 del Reglamento Nacional de Edificaciones, siendo los parámetros a considerar, la velocidad del flujo condicionado con la tensión tractiva media y la relación tirante diámetro del colector (Y/D), cuyos pesos ponderados para el caso en estudio se muestran en las tablas N°4.9 y N°4.10, dichos pesos fueron asignados considerando las características técnicas de la tuberías, en función a la influencia de los parámetros establecidos; así mismo, los descriptores de los parámetros fueron obtenidos mediante el proceso de análisis jerárquico (ver anexo N°09). En las tablas N°4.9 y N°4.10, se tiene los parámetros de la resiliencia física con sus respectivos descriptores.

Tabla N°4.9 Ponderación del parámetro velocidad del flujo condicionado a la tensión tractiva media y sus descriptores desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL FLUJO Y TENSIÓN TRACTIVA MEDIA	PESO PONDERADO: 0.500	
DESCRITORES	VT1	$V > 5 \text{ m/s}$	PVT1	0.571
	VT2	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \leq 1.0 \text{ Pa}$	PVT2	0.286
	VT3	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \geq 1.0 \text{ Pa}$	PVT3	0.143

Tabla N°4.10 Ponderación del parámetro relación Y/D y sus descriptores desde la progresiva 0+000 hasta 7+614 y 7+990 hasta 11+156

PARÁMETRO		Y/D	PESO PONDERADO: 0.500	
DESCRITORES	YD1	$90\% < Y/D \leq 100\%$	PYD1	0.541
	YD2	$80\% < Y/D \leq 90\%$	PYD2	0.265
	YD3	$75\% < Y/D \leq 80\%$	PYD3	0.126
	YD4	$Y/D \leq 75\%$	PYD4	0.069

Características del Colector Canto Grande: El anexo N°10 muestra el análisis para el cálculo de la velocidad, tensión tractiva media y relación del tirante – diámetro del Colector Canto Grande.

Para el cálculo del valor de la resiliencia física se multiplica el peso de cada parámetro con su respectivo descriptor, finalmente se realiza la suma de los valores obtenidos (ver tabla N°4.11).

$$\sum_{i=1}^{i=2} \text{Parámetro}_i \times \text{Descriptor}_i = \text{Valor}$$

Tabla N°4.11 Valor de la resiliencia física frente a la amenaza sísmica

TRAMO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	RESILIENCIA FÍSICA				VALOR
	VELOCIDAD DEL FLUJO – TENSIÓN TRACTIVA MEDIA		RELACIÓN TIRANTE - DIÁMETRO		
	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	PARÁMETRO	DESCRIPTOR	
TRAMO N°1	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°2	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°3	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°4	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°5	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°6	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°7	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°8	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°9	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°10	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°11	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°12	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°13	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°14	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°15	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°16	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°17	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°18	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°19	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°20	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°21	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°22	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°23	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°24	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106



TRAMO N°25	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°26	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°27	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°28	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°29	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°30	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°31	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°32	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°33	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°34	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°35	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°36	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°37	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°38	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°39	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°40	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°41	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°42	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°43	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°44	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°45	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°46	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°47	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°48	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°49	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°50	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°51	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°52	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°53	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°54	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°55	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°56	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°57	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°58	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°59	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°60	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°61	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342

TRAMO N°62	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°63	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°64	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°65	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°66	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°67	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°68	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°69	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°70	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°71	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°72	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°73	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°74	0.500	0.164	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°75	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°76	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°77	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°78	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°79	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°80	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°81	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°82	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°83	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°84	0.500	0.571	0.500	0.069	0.320
TRAMO N°85	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°86	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°87	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°88	0.500	0.143	0.500	0.069	0.106
TRAMO N°89	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°90	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°91	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°92	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°93	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°94	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°95	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°96	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°97	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134
TRAMO N°98	0.500	0.143	0.500	0.126	0.134

TRAMO N°99	0.500	0.571	0.500	0.541	0.556
TRAMO N°100	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°101	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°102	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°103	0.500	0.143	0.500	0.541	0.342
TRAMO N°104	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204
TRAMO N°105	0.500	0.143	0.500	0.265	0.204

Para determinar el valor de la vulnerabilidad física, se multiplica el valor de la fragilidad física y la resiliencia física por sus pesos correspondiente, los cuales son 0.70 y 0.30 respectivamente (debido que la vulnerabilidad física es propia de la estructura), para posteriormente sumar dichos productos (ver tabla N°4.12).

$$\sum_{i=1}^{i=2} \text{Valor}_i \times \text{Peso}_i = \text{Valor}$$

Tabla N°4.12 Valores de vulnerabilidad física del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica

	VULNERABILIDAD				
	FRAGILIDAD FÍSICA		RESILIENCIA FÍSICA		VALOR
TRAMO DEL COLECTOR	VALOR	PESO	VALOR	PESO	
TRAMO N°1	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°2	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°3	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°4	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°5	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°6	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°7	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°8	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°9	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°10	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°11	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°12	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°13	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°14	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323

TRAMO N°15	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°16	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°17	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°18	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°19	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°20	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°21	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°22	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°23	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°24	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°25	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°26	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°27	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°28	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°29	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°30	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°31	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°32	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°33	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°34	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°35	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°36	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°37	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°38	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°39	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°40	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°41	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°42	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°43	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°44	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°45	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°46	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°47	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°48	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°49	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°50	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°51	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252

TRAMO N°52	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°53	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°54	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°55	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°56	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°57	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°58	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°59	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°60	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°61	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°62	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°63	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°64	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°65	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°66	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°67	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°68	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°69	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°70	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°71	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°72	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°73	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°74	0.167	0.700	0.106	0.300	0.149
TRAMO N°75	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°76	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°77	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°78	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°79	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°80	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°81	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°82	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°83	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°84	0.315	0.700	0.320	0.300	0.316
TRAMO N°85	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°86	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°87	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252
TRAMO N°88	0.315	0.700	0.106	0.300	0.252

TRAMO N°89	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°90	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°91	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°92	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°93	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°94	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°95	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°96	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°97	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°98	0.315	0.700	0.134	0.300	0.261
TRAMO N°99	0.315	0.700	0.556	0.300	0.387
TRAMO N°100	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°101	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°102	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°103	0.315	0.700	0.342	0.300	0.323
TRAMO N°104	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282
TRAMO N°105	0.315	0.700	0.204	0.300	0.282

Considerando la escala del nivel de vulnerabilidad (ver tabla N°4.1) y los valores de la vulnerabilidad debido a la amenaza sísmica obtenidos en cada tramo del Colector Canto Grande se puede concluir lo siguiente (ver tabla N°4.13):

Tabla N°4.13 Niveles de Vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica

TRAMO DEL COLECTOR	NIVEL DE VULNERABILIDAD		
	VALOR	COLOR	NIVEL
TRAMO N°1	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°2	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°3	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°4	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°5	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°6	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°7	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°8	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°9	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°10	0.323		MUY ALTO

TRAMO N°11	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°12	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°13	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°14	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°15	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°16	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°17	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°18	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°19	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°20	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°21	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°22	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°23	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°24	0.252		ALTO
TRAMO N°25	0.252		ALTO
TRAMO N°26	0.252		ALTO
TRAMO N°27	0.252		ALTO
TRAMO N°28	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°29	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°30	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°31	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°32	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°33	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°34	0.252		ALTO
TRAMO N°35	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°36	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°37	0.252		ALTO
TRAMO N°38	0.252		ALTO
TRAMO N°39	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°40	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°41	0.252		ALTO
TRAMO N°42	0.252		ALTO
TRAMO N°43	0.252		ALTO
TRAMO N°44	0.252		ALTO
TRAMO N°45	0.252		ALTO
TRAMO N°46	0.252		ALTO
TRAMO N°47	0.252		ALTO

TRAMO N°48	0.252		ALTO
TRAMO N°49	0.252		ALTO
TRAMO N°50	0.252		ALTO
TRAMO N°51	0.252		ALTO
TRAMO N°52	0.252		ALTO
TRAMO N°53	0.252		ALTO
TRAMO N°54	0.252		ALTO
TRAMO N°55	0.252		ALTO
TRAMO N°56	0.252		ALTO
TRAMO N°57	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°58	0.252		ALTO
TRAMO N°59	0.252		ALTO
TRAMO N°60	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°61	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°62	0.252		ALTO
TRAMO N°63	0.252		ALTO
TRAMO N°64	0.252		ALTO
TRAMO N°65	0.252		ALTO
TRAMO N°66	0.252		ALTO
TRAMO N°67	0.252		ALTO
TRAMO N°68	0.252		ALTO
TRAMO N°69	0.149		ALTO
TRAMO N°70	0.149		ALTO
TRAMO N°71	0.149		ALTO
TRAMO N°72	0.149		ALTO
TRAMO N°73	0.149		ALTO
TRAMO N°74	0.149		ALTO
TRAMO N°75	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°76	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°77	0.252		ALTO
TRAMO N°78	0.252		ALTO
TRAMO N°79	0.252		ALTO
TRAMO N°80	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°81	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°82	0.252		ALTO
TRAMO N°83	0.252		ALTO
TRAMO N°84	0.316		MUY ALTO



TRAMO N°85	0.252		ALTO
TRAMO N°86	0.252		ALTO
TRAMO N°87	0.252		ALTO
TRAMO N°88	0.252		ALTO
TRAMO N°89	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°90	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°91	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°92	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°93	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°94	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°95	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°96	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°97	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°98	0.261		MUY ALTO
TRAMO N°99	0.387		MUY ALTO
TRAMO N°100	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°101	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°102	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°103	0.323		MUY ALTO
TRAMO N°104	0.282		MUY ALTO
TRAMO N°105	0.282		MUY ALTO

#### 4.5 Mapa de vulnerabilidad

En el anexo N°11 se puede observar el Mapa de Vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica, la cual esta sectorizada por los colores naranjado y rojo; que representan un nivel de amenaza alto y muy alto respectivamente.

## Capítulo V: Cálculo de niveles de riesgo en colectores de grandes diámetros

### 5.1 Metodología para calcular los niveles de riesgo en colectores de grandes diámetros

Para el cálculo de niveles de riesgo en colectores de grandes diámetros, se utiliza la metodología descrita en la figura N°5.1.

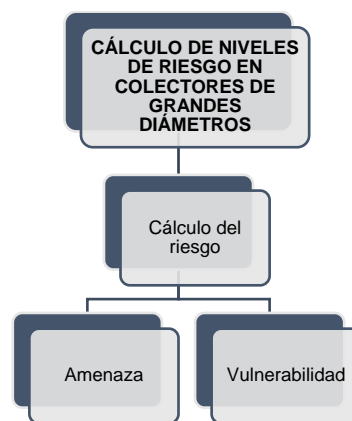


Figura N°5.1 Metodología para el cálculo del nivel de vulnerabilidad

Los niveles de riesgos se obtienen al multiplicar los niveles de amenaza con los niveles de vulnerabilidad del elemento expuesto (ver tabla N°5.1), como se puede apreciar en el anexo N°12.

Tabla N°5.1 Niveles de Riesgo

NIVELES DE RIESGO			
MUY ALTO	0.068	$\leq R \leq$	0.253
ALTO	0.018	$\leq R <$	0.068
MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005

### 5.2 Cálculo del riesgo

Para el cálculo del riesgo se debe multiplicar el valor de la amenaza con el valor de la vulnerabilidad.

**5.2.1 Cálculo del Riesgo del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica**  
Para calcular el valor del riesgo del Colector Canto Grande, se multiplica el valor de la amenaza y vulnerabilidad (ver tabla N°5.2).

Tabla N°5.2 Cálculo de los valores de Riesgo del Colector Canto Grande Frente a la Amenaza Sísmica

TRAMO DEL COLECTOR	RIESGO		
	AMENAZA	VULNERABILIDAD	VALOR
TRAMO N°1	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°2	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°3	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°4	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°5	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°6	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°7	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°8	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°9	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°10	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°11	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°12	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°13	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°14	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°15	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°16	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°17	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°18	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°19	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°20	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°21	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°22	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°23	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°24	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°25	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°26	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°27	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°28	0.240	0.261	0.063

TRAMO N°29	0.240	0.282	0.068
TRAMO N°30	0.240	0.282	0.068
TRAMO N°31	0.240	0.282	0.068
TRAMO N°32	0.240	0.282	0.068
TRAMO N°33	0.240	0.282	0.068
TRAMO N°34	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°35	0.240	0.261	0.063
TRAMO N°36	0.240	0.261	0.063
TRAMO N°37	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°38	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°39	0.240	0.261	0.063
TRAMO N°40	0.240	0.261	0.063
TRAMO N°41	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°42	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°43	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°44	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°45	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°46	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°47	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°48	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°49	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°50	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°51	0.240	0.252	0.061
TRAMO N°52	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°53	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°54	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°55	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°56	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°57	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°58	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°59	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°60	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°61	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°62	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°63	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°64	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°65	0.207	0.252	0.052

TRAMO N°66	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°67	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°68	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°69	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°70	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°71	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°72	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°73	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°74	0.207	0.149	0.031
TRAMO N°75	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°76	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°77	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°78	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°79	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°80	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°81	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°82	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°83	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°84	0.207	0.316	0.065
TRAMO N°85	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°86	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°87	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°88	0.207	0.252	0.052
TRAMO N°89	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°90	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°91	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°92	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°93	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°94	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°95	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°96	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°97	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°98	0.207	0.261	0.054
TRAMO N°99	0.207	0.387	0.080
TRAMO N°100	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°101	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°102	0.207	0.282	0.058

TRAMO N°103	0.207	0.323	0.067
TRAMO N°104	0.207	0.282	0.058
TRAMO N°105	0.207	0.282	0.058

Para determinar el nivel de riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica, se ingresa el valor de riesgo al cuadro de niveles de riesgos (ver tabla N°5.1) el cual fue determinado por el proceso de análisis jerárquico, y se determina el nivel del riesgo (ver tabla N°5.3).

Tabla N°5.3 Nivel de riesgo del Colector Canto Grande Frente a la Amenaza Sísmica

TRAMO DEL COLECTOR	NIVEL DE RIESGO		
	VALOR	COLOR	NIVEL
TRAMO N°1	0.058		ALTO
TRAMO N°2	0.058		ALTO
TRAMO N°3	0.067		ALTO
TRAMO N°4	0.067		ALTO
TRAMO N°5	0.067		ALTO
TRAMO N°6	0.067		ALTO
TRAMO N°7	0.067		ALTO
TRAMO N°8	0.067		ALTO
TRAMO N°9	0.067		ALTO
TRAMO N°10	0.067		ALTO
TRAMO N°11	0.067		ALTO
TRAMO N°12	0.067		ALTO
TRAMO N°13	0.067		ALTO
TRAMO N°14	0.067		ALTO
TRAMO N°15	0.067		ALTO
TRAMO N°16	0.067		ALTO
TRAMO N°17	0.067		ALTO
TRAMO N°18	0.067		ALTO
TRAMO N°19	0.067		ALTO
TRAMO N°20	0.067		ALTO
TRAMO N°21	0.067		ALTO
TRAMO N°22	0.058		ALTO
TRAMO N°23	0.058		ALTO
TRAMO N°24	0.052		ALTO

TRAMO N°25	0.061		ALTO
TRAMO N°26	0.061		ALTO
TRAMO N°27	0.061		ALTO
TRAMO N°28	0.063		ALTO
TRAMO N°29	0.068		MUY ALTO
TRAMO N°30	0.068		MUY ALTO
TRAMO N°31	0.068		MUY ALTO
TRAMO N°32	0.068		MUY ALTO
TRAMO N°33	0.068		MUY ALTO
TRAMO N°34	0.061		ALTO
TRAMO N°35	0.063		ALTO
TRAMO N°36	0.063		ALTO
TRAMO N°37	0.061		ALTO
TRAMO N°38	0.061		ALTO
TRAMO N°39	0.063		ALTO
TRAMO N°40	0.063		ALTO
TRAMO N°41	0.061		ALTO
TRAMO N°42	0.061		ALTO
TRAMO N°43	0.061		ALTO
TRAMO N°44	0.061		ALTO
TRAMO N°45	0.061		ALTO
TRAMO N°46	0.061		ALTO
TRAMO N°47	0.061		ALTO
TRAMO N°48	0.061		ALTO
TRAMO N°49	0.061		ALTO
TRAMO N°50	0.061		ALTO
TRAMO N°51	0.061		ALTO
TRAMO N°52	0.052		ALTO
TRAMO N°53	0.052		ALTO
TRAMO N°54	0.052		ALTO
TRAMO N°55	0.052		ALTO
TRAMO N°56	0.052		ALTO
TRAMO N°57	0.054		ALTO
TRAMO N°58	0.052		ALTO
TRAMO N°59	0.052		ALTO
TRAMO N°60	0.058		ALTO
TRAMO N°61	0.067		ALTO

TRAMO N°62	0.052		ALTO
TRAMO N°63	0.052		ALTO
TRAMO N°64	0.052		ALTO
TRAMO N°65	0.052		ALTO
TRAMO N°66	0.052		ALTO
TRAMO N°67	0.052		ALTO
TRAMO N°68	0.052		ALTO
TRAMO N°69	0.031		ALTO
TRAMO N°70	0.031		ALTO
TRAMO N°71	0.031		ALTO
TRAMO N°72	0.031		ALTO
TRAMO N°73	0.031		ALTO
TRAMO N°74	0.031		ALTO
TRAMO N°75	0.067		ALTO
TRAMO N°76	0.054		ALTO
TRAMO N°77	0.052		ALTO
TRAMO N°78	0.052		ALTO
TRAMO N°79	0.052		ALTO
TRAMO N°80	0.067		ALTO
TRAMO N°81	0.058		ALTO
TRAMO N°82	0.052		ALTO
TRAMO N°83	0.052		ALTO
TRAMO N°84	0.065		ALTO
TRAMO N°85	0.052		ALTO
TRAMO N°86	0.052		ALTO
TRAMO N°87	0.052		ALTO
TRAMO N°88	0.052		ALTO
TRAMO N°89	0.054		ALTO
TRAMO N°90	0.067		ALTO
TRAMO N°91	0.067		ALTO
TRAMO N°92	0.058		ALTO
TRAMO N°93	0.067		ALTO
TRAMO N°94	0.067		ALTO
TRAMO N°95	0.067		ALTO
TRAMO N°96	0.054		ALTO
TRAMO N°97	0.054		ALTO
TRAMO N°98	0.054		ALTO



TRAMO N°99	0.080		MUY ALTO
TRAMO N°100	0.067		ALTO
TRAMO N°101	0.067		ALTO
TRAMO N°102	0.058		ALTO
TRAMO N°103	0.067		ALTO
TRAMO N°104	0.058		ALTO
TRAMO N°105	0.058		ALTO

### 5.3 Mapa de riesgo

En el anexo N°13 se puede observar el Mapa de Riesgo del Colector Canto Grande frente a la Amenaza Sísmica, el cual esta sectorizada por los colores naranja y rojo; que representan un nivel de riesgo alto y muy alto respectivamente.

### 5.4 Consecuencias de las amenazas sobre los colectores de grandes diámetros

Se evaluó las posibles consecuencias generadas en el Colector Canto Grande por la amenaza que se presenta en el distrito de San Juan de Lurigancho.

Al presentar un sismo de considerada magnitud con epicentro próximo al distrito de San Juan de Lurigancho, es posible que uno o varios tramos del Colector Canto Grande pudiera colapsar (ruptura de la tubería), trayendo como consecuencia el ingreso de material del terreno, el cual posteriormente generaría atoro u obstrucción del colector, que se reflejaría en formación de aniego o aniegos, en el trayecto del colector y alrededores de la misma, afectando a la población de manera directa e indirectamente.

Como se puede observar en el mapa de riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza de un Sismo de 8.8 Mw, el 96.62% del colector tiene un nivel de riesgo muy alto frente a dicho sismo, que sería reflejado en el colapso total, parcial o estructuralmente comprometido. El colapso total, parcial y/o no operatividad del colector, trae como consecuencias secundarias aniegos en las zonas aledañas a los tramos de falla, generando malestar en la población que fueron comprometidos directamente por el aniego y daños generados en sus hogares y pérdidas de sus bienes y hasta la generación de enfermedades gastrointestinales; también, serían afectados los pobladores aledaños al aniego, debido a los malos olores, restricción

de los servicios de agua, cierre de las Av. Próceres de la Independencia y Santa Rosa, cierre temporal de los negocios cercanos al aniego, entre otros.

## 5.5 Impacto sísmico ocurridos en colectores de grandes diámetros

### 5.5.1 Sismo de 1985 en la ciudad de México

El 19 de setiembre de 1985, México presentó un sismo de magnitud 8.1 grados en la escala de Richter, trayendo como consecuencia la ruptura de tubería de alcantarillado de 1800 mm diámetro (Flores, 1999).

### 5.5.2 Sismo de 1995 en Kobe – Japón

El 17 de enero de 1995, en la ciudad de Kobe se suscitó el sismo de magnitud 7.2 grados en la escala de Richter, teniendo como consecuencia directa la ruptura de las tuberías de concreto de 1250 mm de diámetro (Grases, 1997)

### 5.5.3 Sismo del 2011 en Christchurch – Nueva Zelanda

El 13 de junio del 2011, Nueva Zelanda sufrió los estragos de un sismo de magnitud 6.3 grados en la escala de Richter, el cual tuvo como consecuencia la ruptura del 30% de las tuberías de alcantarillado en la ciudad del Christchurch (Serrano, 2012)

Según el registro histórico de los efectos del sismo sobre tuberías de alcantarillados de grandes diámetros, se puede concluir que los colectores de grandes diámetros presentan riesgo alto a muy alto frente a la amenaza sísmica de gran magnitud, dando validez a los resultados obtenidos para el Colector Canto Grande aplicando el lineamiento metodológico propuesto en la presente investigación.

## 5.6 Análisis de resultados

### 5.6.1 Análisis de los resultados del riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica

Según los valores del riesgo calculado mostrado en la tabla N°5.3, el tramo N°99 del Colector Canto Grande, es el que presenta el valor del riesgo más elevado (0.080), teniendo un nivel muy alto de riesgo; debido que dicho tramo del colector presenta condiciones extremas (velocidad de 7.58 m/s y la tubería se encuentra presurizada) en las horas de máximo demanda del colector, como se puede

apreciar en el anexo N°10 dónde se realizó el análisis hidráulico de todo el Colector Canto Grande, así mismo, se puede mencionar que el 94.46% y 5.54% presenta un nivel de riesgo alto y muy alto respectivamente; pudiendo deducir que, todo colector de gran diámetro que se encuentre ubicado en la costa peruana y operando bajo condiciones geotécnicas similares a la del Colector Canto Grande tiene nivel de riesgo alto y/o muy alto para un escenario sísmico de 8.8 Mw.

#### 5.6.2 Análisis de los resultados de la amenaza generada por el fenómeno sismo sobre el Colector Canto Grande

El nivel de amenaza calculado en la zona de estudio, resultó de nivel alto, habiendo una ligera variación entre los valores obtenidos (0.207 y 0.240), debido a la variación geotécnica (tipo de perfil de suelo).

#### 5.6.3 Análisis de los resultados de la vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica

Según los valores de la vulnerabilidad del Colector Canto Grande mostrado en la tabla N°4.13, los tramos N°69, 70, 71, 72, 73 y 74 son los que tienen menor valor (0.149), presentando un nivel alto de vulnerabilidad, debido que dichos tramos aparte de las condiciones físicas favorables que presenta el colector, cumplen con lo estipulado en la Norma OS.70; por otro lado, el tramo N°99 es el que presenta el valor de vulnerabilidad más elevado (0.387), teniendo un nivel muy alto de vulnerabilidad, eso se debe a la velocidad elevada del flujo de conducción y la relación entre el tirante hidráulico diámetro, como se puede apreciar en el anexo N°10 donde se realizó el análisis hidráulico del Colector Canto Grande.

## Capítulo VI: Manejo de riesgo

6.1 Medidas preventivas para la reducción del riesgo a ser consideradas en los colectores de grandes diámetros

La identificación y determinación de las medidas de prevención para la reducción del riesgo, permite programar las acciones para mitigar los efectos de las amenazas sobre los colectores de grandes diámetros.

Se plantean medidas estructurales y no estructurales para la mitigación del riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica, en los periodos corto, mediano y largo

6.1.1 Medidas No Estructurales adoptadas en el Colector Canto Grande ante la Amenaza Sísmica

Las medidas no estructurales se refieren a toda actividad que permitirán reducir el riesgo de los colectores de grandes diámetros que no implique una intervención física directamente en la misma.

Las medidas no estructurales optadas en el Colector Canto Grande para mitigar el riesgo de la amenaza sísmica sobre el colector, será lo más inmediato posible debido al alto riesgo del colector frente a dicha amenaza; el cual será la elaboración del perfil técnico para construcción del Nuevo Colector Canto Grande, capacitación en el uso adecuado de la red de alcantarillado; luego de la aprobación del perfil técnico, se elabora el expediente técnico del Nuevo Colector Canto Grande para su posterior ejecución del proyecto.

*6.1.1.1 Elaboración del Perfil Técnico del Nuevo Colector Canto Grande*

La elaboración del perfil técnico del Nuevo Colector Canto Grande se debe realizar de manera inmediata (periodo corto) por parte de SEDAPAL o encargarlo a una empresa competente, para así tener las alternativas de solución, definición del problema y sus causas, determinación de la brecha oferta – demanda, evaluación social, alcance del proyecto, entre otros.

#### *6.1.1.2 Capacitación en el uso adecuado de la Red de Alcantarillado*

El uso inadecuado de las redes de alcantarillado tiene como resultado un menor tiempos de vida de las tuberías de la red alcantarillado, debido al vertimiento de sustancias nocivas y/o perjudiciales para las tuberías de dicha red, es por ello que SEDAPAL deberá capacitar a la población de San Juan de Lurigancho para que haga un uso adecuado de las redes de alcantarillado, ya que muchas veces la gente usa ácido muriático para limpiar los inodoros, el cual es perjudicial para las tuberías de concreto simple normalizado; vierten las grasas por el desagüe, trayendo como consecuencia la adherencia en las paredes de la tubería reduciendo la conductividad hidráulica de las tuberías; los restos de comida lo vierten al desagüe el cual muchas veces se depositan en los tramos de baja pendiente generando atoros en la red de alcantarillado; muchas veces arrojan basura en los buzones provocando la obstrucción del flujo de las aguas residuales, entre otras acciones inadecuadas sobre el uso de la red de alcantarillado.

#### *6.1.1.3 Elaboración del Expediente Técnico del Nuevo Colector Canto Grande*

La vulnerabilidad del Colector Canto Grande frente a la amenaza sísmica radica principalmente en las características mecánicas de las tuberías; los cuales se encuentran en condiciones deplorables debido que ya cumplieron el periodo de vida, el tipo de material, el no cumplimiento del Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma OS.070) y al remplazar las tapas de fierro fundido por tapas de concreto, el cual no permite ingresar aire, trayendo como consecuencias las condiciones anaeróbicas acelerando el proceso de corrosión de la tubería por la acción del ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ).

Dicho lo anterior, para reducir la vulnerabilidad del Nuevo Colector Canto Grande, las tuberías serán de características físicas y químicas adecuadas para soportar los esfuerzos y deformaciones generadas durante el sismo y ser inertes ante los ataques químicos de los ácidos generado en el colector.

Las tuberías de Polietileno de Alta Densidad (HDPE), son tuberías de características físicas idóneas para este tipo de proyectos, como se describe a continuación:

Flexibilidad: Asegura un excelente comportamiento ante los movimientos del suelo, sismo, asentamientos diferenciales; brindando estabilidad al Nuevo Colector Canto Grande.

- Resistencia al Impacto: La alta resistencia al impacto da una seguridad elevada de ausencia de fisuras durante la instalación de la tubería en la zanja por caída de materiales (rocas, herramientas, entre otros).
- Resistencia a la Abrasión: Debido al material de la tubería HDPE, el proceso de abrasión se presenta gradualmente sobre una gran área, en lugar de presentarse en zonas focalizadas, como en la mayoría de los otros materiales, que causan falla rápida.
- Resistencia a los Agentes Químicos: Son resistentes a los componentes químicos de bajas y altas concentraciones, las cuales están presentes en las aguas residuales.

#### 6.1.2 Medidas Estructurales adoptadas en el Colector Canto Grande ante la Amenaza Sísmica

Las medidas del tipo estructurales son aquellas que implica la intervención física mediante operaciones, mantenimiento y obras que refuercen las condiciones físicas del Colector Canto Grande, que permiten reducir el riesgo sobre dicho colector.

Las medidas estructurales optadas en el Colector Canto Grande para mitigar los efectos de la amenaza sísmica sobre el colector, será inmediatamente después de aprobarse el expediente técnico del Nuevo Colector Canto Grande (mediano plazo) ya que es de interés por el nivel de riesgo muy alto que presenta; el cual será la ejecución del proyecto para mejorar las condiciones estructurales, hidráulicas, ventilación, entre otros y así tener un correcto funcionamiento del Nuevo Colector Canto Grande; posterior a la ejecución del proyecto (largo plazo) se construirá cinco sistemas de control y monitoreo en el colector, el cual servirá para derivar las aguas ante cualquier emergencia.

##### 6.1.2.1 Ejecución del Proyecto Nuevo Colector Canto Grande

El proyecto Nuevo Colector Canto Grande será ejecutado paralelo al Colector Canto Grande existente; el cual su ejecución se dará de inicio del último buzón

hacia el primer buzón, debido a las pruebas que debe pasar el colector como son las pruebas hidráulicas a zanja abierta y zanja tapada, dichas pruebas se deben pasar a cada tramo del colector; en relación al cierre (abandono) del colector existente se realizará previa ventilación (ingreso del aire por las tapas de los buzones) de tramo a cerrar con un tiempo mínimo de 20 minutos para la evacuación de los gases tóxicos contenidos en dicho tramo, para posterior hacer la demolición de los techos de los buzones para su posterior relleno y compactado y reposición del pavimento; el desvío vehicular y peatonal se determinará mediante un plan de desvío para así mitigar las molestias a la población del distrito de San Juan de Lurigancho y visitantes. Una vez terminado el proyecto del Nuevo Colector Canto Grande, los habitantes del distrito de San Juan de Lurigancho no sólo tendrán un colector relativamente seguro ante la amenaza sísmica, sino también dispondrá del servicio de agua potable con mayor número de horas al día, debido que se le restringía dicho servicio por motivo de posibles desbordamiento de agua residuales por los buzones ya que el Colector Canto Grande existente no tiene la capacidad hidráulica para la evacuación de las aguas residuales provenientes de los habitantes del distrito de San Juan de Lurigancho.

#### *6.1.2.2 Construcción de cinco Sistemas de Control y Monitoreo en el Nuevo Colector Canto Grande*

Un Sistema de Control y Monitoreo consiste en aliviaderos (vertederos sumergidos), los cuales estarán ubicadas en cámaras, dichas aliviaderos serán colocados cada 2.5 km aproximadamente y controladas con dos válvulas de compuertas para aguas residuales, una de las válvulas regulará el caudal de las aguas residuales salientes de la cámara hacia el mismo colector y la segunda válvula controlará el nuevo tramo de alcantarillado que estará conectado con el colector más próximo que puede ser el Colector La Huayrona o Colector Piedra Liza para evacuar las aguas residuales provenientes del Nuevo Colector Canto Grande.

## Conclusiones

1. La aplicación del lineamiento metodológico propuesto, permitió calcular el riesgo presente en cada tramo del Colector Canto Grande, identificando el tramo de mayor valor de riesgo (0.080) presentando un nivel de riesgo muy alto, el cual corresponde al tramo N°99 ubicado en la intersección de la Av 9 de Octubre y la Vía Expresa Línea Amarilla (latitud: 12° 2'16.62"S y longitud: 77° 0'49.35"O).
2. La consideración de los parámetros de evaluación del fenómeno sísmico, junto con el factor condicionante correspondiente al tipo de perfil de suelo, permitió calcular el valor de la amenaza sísmica a lo largo del recorrido del Colector Canto Grande. Como resultado, se identificaron dos zonas con un nivel alto de amenaza sísmica, cuyos valores alcanzan 0.207 y 0.240, respectivamente. Estos valores se explican por la influencia del tipo de suelo predominante en cada una de las zonas analizadas.
3. La consideración del estado de conservación, tipo de material, diámetro, antigüedad y las condiciones hidráulicas del colector canto grande, fueron los criterios que permitió determinar los niveles de vulnerabilidad de sus distintos tramos. Los tramos N°69, 70, 71, 72, 73 y 74 presentan el valor más bajo de vulnerabilidad (0.149), clasificándose como un nivel alto de vulnerabilidad; así también, el tramo N°99 es el que presenta el valor de vulnerabilidad más elevado (0.387), teniendo un nivel muy alto de vulnerabilidad.
4. La metodología propuesta para el cálculo de riesgo en cada tramo de los colectores de grandes diámetros, permitió calcular el valor del riesgo en cada tramo del Colector Canto Grande como se puede ver a mayor detalle en la tabla N°5.2.



## Recomendaciones

1. En futuras investigaciones, para mejorar la precisión en el cálculo de los pesos de los parámetros y descriptores, se debe considerar una nueva escala con mayor discretización.
2. El proyectista al momento de definir el trazo del recorrido del colector, debe evitar zonas de condiciones geotécnicas desfavorables (rellenos), así podrá baja el valor de la amenaza frente al fenómeno sismo.
3. El profesional a cargo de la elaboración de los informes de riesgo de colectores de grandes diámetros, debe recopilar la mayor información posible del colector en estudio que definan los parámetros y descriptores de la fragilidad física, ya que, es el más incidente en la determinación del valor de la vulnerabilidad del colector.
4. Se sugiere considerar el reemplazo progresivo de los tramos del Colector Canto Grande, priorizando aquellos tramos que tienen mayor valor de riesgo, así mismo, a las Empresas Prestadoras de Servicio (EPS) deben elaborar planes de mitigación y emergencia ante cualquier evento causado por fenómenos naturales.

## Referencias bibliográficas

- Aguarón, J., & Moreno-Jiménez, J. M. (2003). The geometric consistency index: Approximated thresholds. *European Journal of Operational Research*, 147, 137–145. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00255-2](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00255-2)
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2014). *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales* (2.<sup>a</sup> ed.). Biblioteca Nacional del Perú. [https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos\\_v2.pdf](https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf)
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2017). *Manual para la evaluación del riesgo por sismos*. Biblioteca Nacional del Perú. [https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia\\_Manuales/MANUAL%20DE%20SISMOS.pdf](https://cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/MANUAL%20DE%20SISMOS.pdf)
- Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. (2018). *Guía para la evaluación del riesgo en el sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario*. Biblioteca Nacional del Centro de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. [https://cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia\\_Manuales/R.%2050-2018%20GUIA%20DE%20AGUA%20Y%20ALCANTARILLA.pdf](https://cenepred.gob.pe/web/wpcontent/uploads/Guia_Manuales/R.%2050-2018%20GUIA%20DE%20AGUA%20Y%20ALCANTARILLA.pdf)
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2011). *Microzonificación sísmica del distrito de San Juan de Lurigancho*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/333/descargar>
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2011). *Caracterización dinámica del suelo en el distrito de San Juan de Lurigancho*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil.
- Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres. (2011). *Microzonificación sísmica del distrito de San Juan de Lurigancho*. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. [https://www.academia.edu/33786962/UNIVERSIDAD\\_NACIONAL\\_DE\\_INGENIER%C3%8DA\\_CENTRO\\_PERUANO\\_JAPON%C3%89S\\_DE\\_INVESTIGACIONES\\_S%C3%8DSMICAS\\_Y\\_MITIGACI%C3%93N\\_DE\\_DESASTRES](https://www.academia.edu/33786962/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIER%C3%8DA_CENTRO_PERUANO_JAPON%C3%89S_DE_INVESTIGACIONES_S%C3%8DSMICAS_Y_MITIGACI%C3%93N_DE_DESASTRES)

- Colegio de Ingenieros del Perú. (2019). *Informe técnico: Aniego en San Juan de Lurigancho, provincia y departamento de Lima*.  
[https://www.cip.org.pe/publicaciones/2019/mayo/portal/informe\\_comision\\_especial\\_sjl\\_11042019.pdf](https://www.cip.org.pe/publicaciones/2019/mayo/portal/informe_comision_especial_sjl_11042019.pdf)
- Cooperación Suiza para América Central. (2013). *Guía para la reducción de la vulnerabilidad en sistemas de agua potable y saneamiento* (2.<sup>a</sup> ed.). COSUDE. [https://www.shareweb.ch/site/disasterriskreduction/themes-and-resources/DOC\\_themesresources/Themes-and-resources/Manual\\_Central\\_America\\_DRR\\_WASH\\_SDC\\_Spanish.pdf](https://www.shareweb.ch/site/disasterriskreduction/themes-and-resources/DOC_themesresources/Themes-and-resources/Manual_Central_America_DRR_WASH_SDC_Spanish.pdf)
- Consortio Evaluación de Riesgos Naturales – América Latina. (2012). *Gestión de riesgo de desastres en empresas de agua y saneamiento* (Tomo II). Biblioteca Nacional del Perú.
- Durán, F. (2011). *La incidencia de los fenómenos naturales potencialmente peligrosos en las obras de infraestructura sanitaria del Cantón Salcedo, Provincia de Cotopaxi* [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio de tesis UTA  
<https://repositorio.uta.edu.ec/server/api/core/bitstreams/4c35c2a1-5686-47c6-8706-a8ad2cd0e694/content>
- Flores, R. (1999). Consideraciones sísmicas en el diseño de tuberías. *Ingeniería Hidráulica en México*, 14(2), 49–64.  
[http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1200/RIH\\_012.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://repositorio.imta.mx/bitstream/handle/20.500.12013/1200/RIH_012.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Grases, J. (1997). *Ejemplo de efectos de sismos en sistemas de tuberías*. OPS/OMS.  
<http://cidbimena.bvs.hn/docum/crid/Alerta/pdf/spa/doc10153/doc10153-06.PDF>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. (2017). *Escenario sísmico para Lima Metropolitana y Callao: Sismo 8.8 Mw*. Instituto Nacional de Defensa Civil.  
<https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201711231521471-1.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2024, 17 de enero). *Población de la provincia de Lima supera los 10 millones 292 mil habitantes*. INEI.  
<https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/poblacion-de-la-provincia-de-lima-supera-los-10-millones-292-mil-habitantes-14869/>

- Hori, T., Guerrero Compeán, R., Esquivel, M., Hiramatsu, A., Deopersad, C., Ishiwatari, M., y Minamitani, T. (2017). *Lessons learnt from Japan and Latin America and Caribbean countries in management hazard resilient infrastructure: A JICA-IDB joint research*. Inter-American Development Bank. <https://doi.org/10.18235/0009373>
- López, R. (2003). *Elementos de diseño para acueductos y alcantarillados* (2.ª ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/entities/publication/10976bd2-2702-4c1a-97c0-8320708da29c>
- Ministro de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2014). *Herramienta metodológica para la formulación de programas de gestión de riesgo de desastres en los servicios de acueductos, alcantarillado y aseo*. Enlace Publicitario Editores Ltda. [https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/20088/Herramienta GRD Acueducto-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/20088/Herramienta_GRD_Acueducto-2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Neyra, C. (2021, 21 de diciembre). *Sedapal gastó S/ 80,6 millones en dos años por aniego en San Juan de Lurigancho*. El Comercio. <https://elcomercio.pe/lima/obras/san-juan-de-lurigancho-sedapal-gasto-s-806-millones-en-dos-anos-por-aniego-colector-canto-grande-tuberias-colapsaron-en-2019-consorcio-de-odebrecht-y-grana-y-montero-tusilagos-noticia/?ref=ecr>
- Organización Panamericana de la Salud. (2004). *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz* (2.ª ed.). Bibliotecas OPS. [https://docs.bvsalud.org/biblioref/minsai\\_chile/8/0/3808.pdf](https://docs.bvsalud.org/biblioref/minsai_chile/8/0/3808.pdf)
- PARTIDO POLÍTICO PODEMOS PERÚ. (2017). *Plan de gobierno municipal San Juan de Lurigancho* [Plan de gobierno]. <https://declara.jne.gob.pe/ASSETS/PLANGOBIERNO/FILEPLANGOBIERNO/3520.pdf>
- Pavco Wavin. (2023). *Manual técnico*. Pavco Wavin. <https://pavcowavin.com.co/tuberia-pvc-alcantarillado-novaloc-pavco>
- Pineda, O. (2006). *Estimación de daño sísmico en tuberías enterradas* [Tesis doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio de tesis UNAM. <http://132.248.9.195/pd2006/0607534/0607534.pdf>

- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2004). *La reducción de riesgos de desastres, un desafío para el desarrollo*. John S. Swift Co., EE.UU.  
[https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr\\_esp\\_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf](https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/es/rdr_esp_reduccion%20de%20riesgos%20de%20desastres.pdf)
- Programa Naciones Unidas para el Desarrollo. (2017). *Manual para la elaboración de mapas de riesgo*. PNUD.  
<https://www.mininterior.gov.ar/planificacion/pdf/Manual-elaboracion-mapas-riesgo.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2009). *Norma OS.070: Redes de aguas residuales*. Editora Perú.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366336/23%20OS.070%20REDES%20DE%20AGUA%20RESIDUALES%20DS%20N%C2%B0%20010-2009.pdf?v=1636056014>
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 48, 9–26.  
<https://vpp.sbuf.se/Public/Documents/ProjectDocuments/06F167EF-B243-48ED-8C45-F7466B3136EB/WebPublishings/How%20to%20make%20decision%20AHP.pdf>
- Sauermann. (2024). *Efectos tóxicos del sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S) de las alcantarillas para la salud y las infraestructuras*. Sauermann.  
[https://sauermanngroup.com/sites/default/files/files/ES\\_The%20Toxic%20Effects%20of%20Hydrogen%20Sulfide%20Gas%20From%20Sewers.pdf](https://sauermanngroup.com/sites/default/files/files/ES_The%20Toxic%20Effects%20of%20Hydrogen%20Sulfide%20Gas%20From%20Sewers.pdf)
- Serrano López, M. del M., & Rosado García, M.<sup>a</sup> J. (2012). Terremotos en Christchurch (Nueva Zelanda). Respuesta en casos de emergencia, una visión desde campo. *Fundación Dialnet*, (3531).  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3908432>
- Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2022). *Consideraciones técnicas para el uso de tuberías y accesorios en obras y servicios de SEDAPAL (desagüe)*. Ficha técnica.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5976588/5295689-ctps-re-002-consideraciones-tecnicas-para-el-uso-de-tuberias-y-accesorios-desague.pdf?v=1709661312>

Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima. (2022). *Aclaración sobre presunta duplicidad del proyecto: “Mejoramiento de los colectores de los sectores 411, 413 y 416 – Distrito San Juan de Lurigancho” y el proyecto: “Mejoramiento y ampliación de los servicios de agua potable y alcantarillado en los sectores del 400 al 425 – distrito de San Juan de Lurigancho – provincia de Lima – departamento de Lima y Anexos 2, 21, 24 y Minas de Pedregal – distrito de San Antonio – provincia de Huarochirí – departamento de Lima* (Informe técnico N.º 611-2022-EEPre/MPV). SEDAPAL. <https://ofi5.mef.gob.pe/invierte/formato/verInversion/2494846>

## Anexos

Anexo 1: Jerarquización de la amenaza.....	1
Anexo 2: Curvas Isoperiodos sobre el recorrido del Colector Canto Grande.....	5
Anexo 3: Ponderación de los descriptores del parámetro magnitud del sismo y aceleración máxima del suelo.....	6
Anexo 4: Factor condicionante del fenómeno sismo.....	13
Anexo 5: Recorrido del Colector Canto Grande.....	17
Anexo 6: Mapa de amenaza del Colector Canto Grande frente al fenómeno sismo.....	18
Anexo 7: Jerarquización de la vulnerabilidad.....	19
Anexo 8: Vulnerabilidad física considerando la fragilidad.....	23
Anexo 9: Vulnerabilidad física considerando la resiliencia.....	39
Anexo 10: Análisis hidráulico del Colector Canto Grande.....	45
Anexo 11: Mapa de vulnerabilidad del colector canto grande frente a la amenaza sismo.....	59
Anexo 12: Jerarquización del riesgo.....	60
Anexo 13: Mapa de riesgo del Colector Canto Grande frente a la amenaza sismo.....	62

## **ANEXO N°01:**

### Jerarquización de la amenaza



## Jerarquización de la amenaza

### 1. Definición de los parámetros de la amenaza

PARÁMETRO	MUY ALTO	$A2 \leq A \leq A1$
	ALTO	$A3 \leq A < A2$
	MEDIO	$A4 \leq A < A3$
	BAJO	$A5 \leq A < A4$

### 2. Matriz de comparación de pares

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1	3	5	7	9
A2	1/3	1	3	5	7
A3	1/5	1/3	1	3	5
A4	1/7	1/5	1/3	1	3
A5	1/9	1/5	1/5	1/3	1

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
A2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
A3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
A4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
A5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

### 3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

PARÁMETRO	A1	A2	A3	A4	A5	Vector Priorización (Ponderación)
A1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
A2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
A3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
A4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
A5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	A1	A2	A3	A4	A5
A1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
A2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
A3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
A4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
A5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134	=	0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC/IA$$

IA = 1.115 (el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia)

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

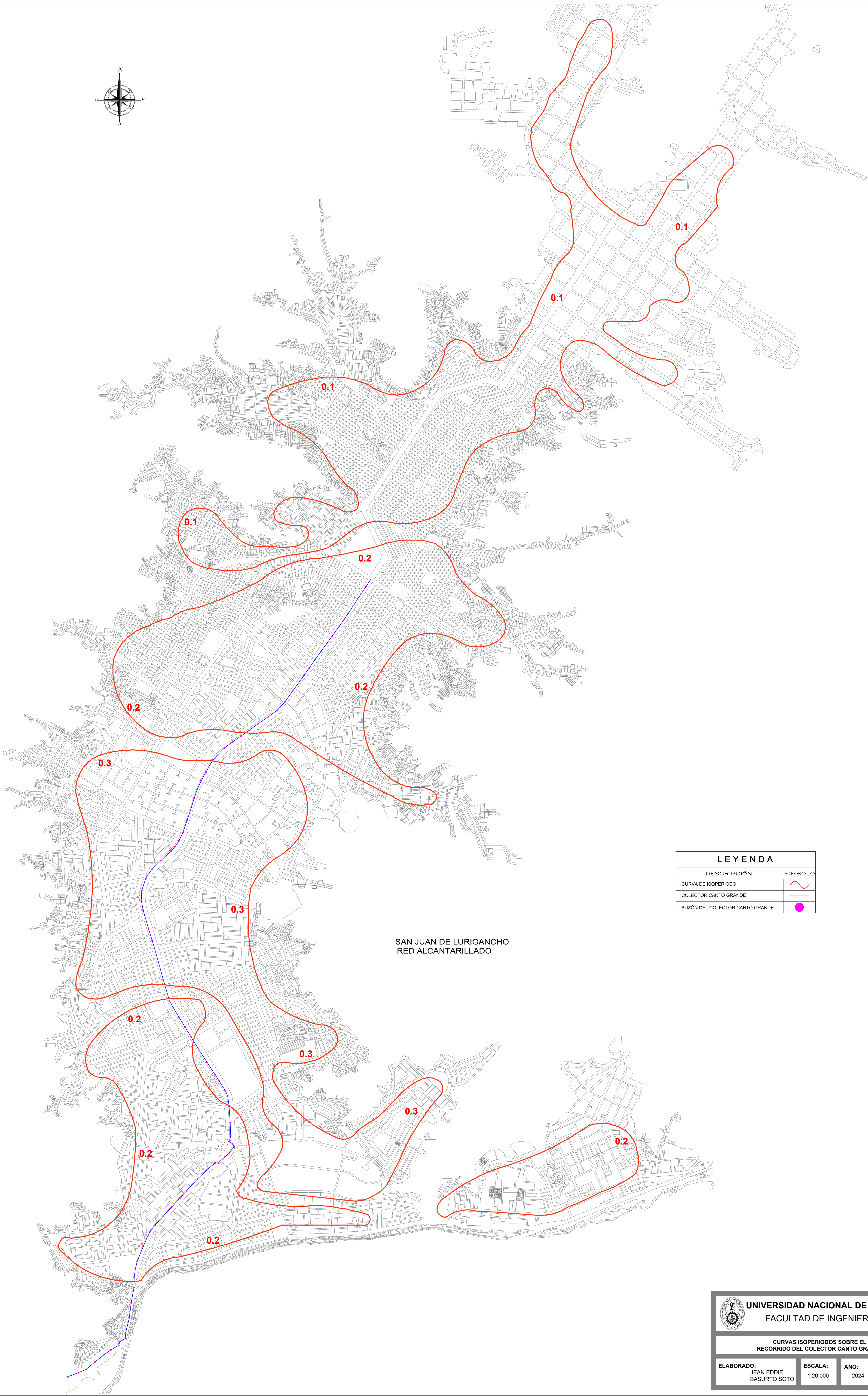
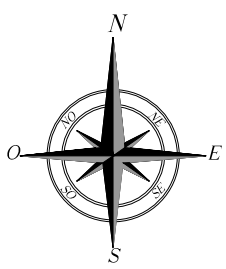
#### 7. Cuadro de Jerarquización de la Amenaza

NIVEL DE AMENAZA			
MUY ALTO	0.260	$\leq A \leq$	0.503
ALTO	0.134	$\leq A <$	0.260
MEDIO	0.068	$\leq A <$	0.134
BAJO	0.035	$\leq A <$	0.068


## **ANEXO N°02:**

Curvas Isoperiodos sobre el  
recorrido del Colector Canto  
Grande





LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
CURVA DE ISOPERIODO	
COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CURVAS ISOPERIODOS SOBRE EL  
RECORRIDO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

ESCALA:  
1:20 000

AÑO:  
2024

PLANO:  
**CI-01**



### **ANEXO N°03:**

Ponderación de los descriptores  
del parámetro magnitud del sismo  
y aceleración máxima del suelo

## Ponderación de los descriptores del parámetro magnitud del sismo y aceleración máxima del suelo

### 1. Ponderación del parámetro Magnitud del Sismo

#### 1.1. Definición de los descriptores del parámetro magnitud del sismo

DESCRIPTOR	MS1	Mayor a 8.0: Grandes terremotos
	MS2	6.0 a 7.9: Sismos mayores
	MS3	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad
	MS4	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente
	MS5	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos

#### 1.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5
MS1	1	3	5	7	9
MS2	1/3	1	3	5	7
MS3	1/5	1/3	1	3	5
MS4	1/7	1/5	1/3	1	3
MS5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5
MS1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
MS2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
MS3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
MS4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
MS5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

### 1.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5	Vector Priorización (Ponderación)
MS1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
MS2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
MS3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
MS4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
MS5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

### 1.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	MS1	MS2	MS3	MS4	MS5
MS1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
MS2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
MS3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
MS4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
MS5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503	=	2.743
0.260		1.414
0.134		0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

### 1.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743	÷	0.503	=	5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093



$$\lambda_{\max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{\max} = 5.24$$

#### 1.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{\max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC / IA$$

$$IA = 1.115 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

#### 1.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		MAGNITUD DEL SISMO	PESO PONDERADO: 0.230	
DESCRIPTOR	MS1	Mayor a 8.0: Grandes terremotos	PMS1	0.503
	MS2	6.0 a 7.9: Sismos mayores	PMS2	0.260
	MS3	4.5 a 5.9: Puede causar daños menores en la localidad	PMS1	0.134
	MS4	3.5 a 4.4: Sentido por mucha gente	PMS2	0.068
	MS5	Menor a 3.4: No es sentido en general, pero es registrado por sismógrafos	PMS3	0.035

Donde:

MS1, MS2, MS3, MS4 y MS5: Descriptores del parámetro Magnitud del Sismo

PMS1, PMS2, PMS3, PMS4 y PMS5: Pesos ponderados de los descriptores

## 2. Ponderación de los descriptores del parámetro Aceleración Máxima del Suelo

### 2.1. Definición de los descriptores del parámetro Aceleración Máxima del Suelo

DESCRIPTOR	PGA1	$PGA \geq 0.45g$
	PGA2	$0.35g \leq PGA < 0.45g$
	PGA3	$0.25g \leq PGA < 0.35g$
	PGA4	$0.10g \leq PGA < 0.25g$
	PGA5	$PGA < 0.10g$

## 2.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	PGA1	PGA2	PGA3	PGA4	PGA5
PGA1	1	3	5	7	9
PGA2	1/3	1	3	5	7
PGA3	1/5	1/3	1	3	5
PGA4	1/7	1/5	1/3	1	3
PGA5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	PGA1	PGA2	PGA3	PGA4	PGA5
PGA1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
PGA2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
PGA3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
PGA4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
PGA5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

## 2.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	PGA1	PGA2	PGA3	PGA4	PGA5	Vector Priorización (Ponderación)
PGA1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
PGA2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
PGA3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
PGA4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
PGA5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

## 2.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	PGA1	PGA2	PGA3	PGA4	PGA5
PGA1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
PGA2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
PGA3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
PGA4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
PGA5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134	=	0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

## 2.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

## 2.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC/IA$$

IA = 1.115 (el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia)

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

## 2.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		ACELERACIÓN MÁXIMA DEL SUELO	Peso Ponderado: 0.122	
DESCRIPTORES	PGA1	$PGA \geq 0.45g$	PPGA1	0.503
	PGA2	$0.35g \leq PGA < 0.45g$	PPGA2	0.260
	PGA3	$0.25g \leq PGA < 0.35g$	PPGA3	0.134
	PGA4	$0.10g \leq PGA < 0.25g$	PPGA4	0.068
	PGA5	$PGA < 0.10g$	PPGA5	0.035

Donde:

PGA1, PGA2, PGA3, PGA4 y PGA5: Descriptores del parámetro PGA

PPGA1, PPGA2, PPGA3, PPGA4 y PPGA5: Pesos ponderados de los descriptores

**ANEXO N°04:**  
Factor condicionante del  
fenómeno sismo

## Factor condicionante del fenómeno sismo

### 1. Ponderación de los descriptores del parámetro Tipo De Perfil De Suelo

#### 1.1. Definición de los descriptores del parámetro Tipo De Perfil De Suelo

DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	Condiciones excepcionales
	S <sub>3</sub>	$V_s \leq 180 \text{ m/s}$
	S <sub>2</sub>	$180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$
	S <sub>1</sub>	$500 \text{ m/s} < V_s \leq 1500 \text{ m/s}$
	S <sub>0</sub>	$V_s > 1500 \text{ m/s}$

#### 1.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
S <sub>4</sub>	1	3	5	7	9
S <sub>3</sub>	1/3	1	3	5	7
S <sub>2</sub>	1/5	1/3	1	3	5
S <sub>1</sub>	1/7	1/5	1/3	1	3
S <sub>0</sub>	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
S <sub>4</sub>	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
S <sub>3</sub>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
S <sub>2</sub>	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
S <sub>1</sub>	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
S <sub>0</sub>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

#### 1.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>	Vector Priorización (Ponderación)
S <sub>4</sub>	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
S <sub>3</sub>	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
S <sub>2</sub>	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
S <sub>1</sub>	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
S <sub>0</sub>	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 1.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>0</sub>
S <sub>4</sub>	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
S <sub>3</sub>	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
S <sub>2</sub>	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
S <sub>1</sub>	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
S <sub>0</sub>	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134	=	0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 1.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 1.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC/IA$$

$$IA = 1.115 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 1.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		TIPO DE PERFIL DE SUELO	PESO PONDERADO: 1.000	
DESCRIPTOR	S <sub>4</sub>	Condiciones excepcionales	PS <sub>4</sub>	0.503
	S <sub>3</sub>	$V_s \leq 180 \text{ m/s}$	PS <sub>3</sub>	0.260
	S <sub>2</sub>	$180 \text{ m/s} < V_s \leq 500 \text{ m/s}$	PS <sub>2</sub>	0.134
	S <sub>1</sub>	$500 \text{ m/s} < V_s \leq 1500 \text{ m/s}$	PS <sub>1</sub>	0.068
	S <sub>0</sub>	$V_s > 1500 \text{ m/s}$	PS <sub>0</sub>	0.035

Donde:

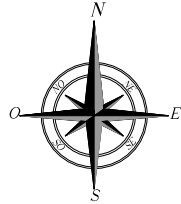
S<sub>0</sub>, S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> y S<sub>4</sub>: Descriptores del parámetro Tipo de Perfil de Suelo

PS<sub>0</sub>, PS<sub>1</sub>, PS<sub>2</sub>, PS<sub>3</sub> y PS<sub>4</sub>: Pesos ponderados de los descriptores



**ANEXO N°05:**  
Recorrido del Colector Canto Grande





SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO

BUZÓN DE- A	TRAMO DEL COLECTOR	LONGITUD	PROGRESIVA BUZÓN "n"	PROGRESIVA BUZÓN "n+1"
1	2	TRAMO N°1	90.500	0.000
2	3	TRAMO N°2	99.600	90.500
4	4	TRAMO N°3	75.000	190.100
4	5	TRAMO N°4	88.600	265.100
5	6	TRAMO N°5	109.200	353.700
6	7	TRAMO N°6	78.200	462.900
7	8	TRAMO N°7	97.700	541.100
8	9	TRAMO N°8	146.700	638.800
9	10	TRAMO N°9	104.200	785.500
10	11	TRAMO N°10	107.600	889.700
11	12	TRAMO N°11	113.500	997.300
12	13	TRAMO N°12	126.300	1110.800
13	14	TRAMO N°13	95.300	1237.100
14	15	TRAMO N°14	14.600	1332.400
15	16	TRAMO N°15	131.400	1347.000
16	17	TRAMO N°16	74.900	1478.400
17	18	TRAMO N°17	151.200	1553.300
18	19	TRAMO N°18	127.300	1704.500
19	20	TRAMO N°19	130.500	1831.800
20	21	TRAMO N°20	139.600	1962.300
21	22	TRAMO N°21	134.100	2101.900
22	23	TRAMO N°22	111.500	2236.000
23	24	TRAMO N°23	116.300	2347.500
24	25	TRAMO N°24	121.000	2463.800
25	26	TRAMO N°25	112.900	2584.800
26	27	TRAMO N°26	78.800	2697.700
27	28	TRAMO N°27	93.300	2776.500
28	29	TRAMO N°28	61.600	2869.800
29	30	TRAMO N°29	114.500	2931.400
30	31	TRAMO N°30	109.400	3045.900
31	32	TRAMO N°31	106.700	3155.300
32	33	TRAMO N°32	146.300	3262.000
33	34	TRAMO N°33	119.400	3408.300
34	35	TRAMO N°34	145.900	3527.700
35	36	TRAMO N°35	104.400	3673.600
36	37	TRAMO N°36	80.200	3778.000
37	38	TRAMO N°37	72.100	3858.200
38	39	TRAMO N°38	156.500	3930.300
39	40	TRAMO N°39	145.200	4086.800
40	41	TRAMO N°40	88.800	4232.000
41	42	TRAMO N°41	37.300	4320.800
42	43	TRAMO N°42	140.600	4358.100
43	44	TRAMO N°43	112.900	4498.700
44	45	TRAMO N°44	114.600	4611.600
45	46	TRAMO N°45	101.500	4726.200
46	47	TRAMO N°46	124.200	4827.700
47	48	TRAMO N°47	135.300	4951.900
48	49	TRAMO N°48	139.500	5087.200
49	50	TRAMO N°49	169.700	5226.700
50	51	TRAMO N°50	161.100	5396.400
51	52	TRAMO N°51	171.900	5557.500
52	53	TRAMO N°52	79.200	5729.400
53	54	TRAMO N°53	92.100	5808.600

BUZÓN DE- A	TRAMO DEL COLECTOR	LONGITUD	PROGRESIVA BUZÓN "n"	PROGRESIVA BUZÓN "n+1"
54	55	TRAMO N°54	126.900	5900.700
55	56	TRAMO N°55	131.700	6027.600
56	57	TRAMO N°56	129.800	6159.300
57	58	TRAMO N°57	11.100	6289.100
58	59	TRAMO N°58	173.300	6300.200
59	60	TRAMO N°59	161.800	6473.500
60	61	TRAMO N°60	170.300	6635.300
61	62	TRAMO N°61	75.000	6805.600
62	63	TRAMO N°62	138.000	6880.600
63	64	TRAMO N°63	64.000	7018.600
64	65	TRAMO N°64	124.800	7082.600
65	66	TRAMO N°65	186.700	7207.400
66	67	TRAMO N°66	148.500	7394.100
67	68	TRAMO N°67	52.500	7542.600
68	69	TRAMO N°68	18.600	7595.100
69	70	TRAMO N°69	39.800	7613.700
70	71	TRAMO N°70	43.400	7653.500
71	72	TRAMO N°71	96.500	7696.900
72	73	TRAMO N°72	65.900	7793.400
73	74	TRAMO N°73	95.800	7859.300
74	75	TRAMO N°74	35.300	7955.100
75	76	TRAMO N°75	114.300	7990.400
76	77	TRAMO N°76	161.700	8104.700
77	78	TRAMO N°77	132.800	8266.400
78	79	TRAMO N°78	53.000	8399.200
79	80	TRAMO N°79	108.900	8452.200
80	81	TRAMO N°80	133.200	8561.100
81	82	TRAMO N°81	148.000	8694.300
82	83	TRAMO N°82	145.400	8842.300
83	84	TRAMO N°83	83.200	8987.700
84	85	TRAMO N°84	46.300	9070.900
85	86	TRAMO N°85	148.500	9117.200
86	87	TRAMO N°86	165.500	9265.700
87	88	TRAMO N°87	16.500	9431.200
88	89	TRAMO N°88	86.600	9447.700
89	90	TRAMO N°89	90.400	9534.300
90	91	TRAMO N°90	13.000	9624.700
91	92	TRAMO N°91	112.800	9637.700
92	93	TRAMO N°92	179.400	9750.500
93	94	TRAMO N°93	63.600	9929.900
94	95	TRAMO N°94	111.000	9993.500
95	96	TRAMO N°95	102.200	10104.500
96	97	TRAMO N°96	57.800	10287.400
97	98	TRAMO N°97	80.300	10345.200
98	99	TRAMO N°98	16.800	10425.500
99	100	TRAMO N°99	21.900	10442.300
100	101	TRAMO N°100	108.700	10551.000
101	102	TRAMO N°101	102.300	10653.200
102	103	TRAMO N°102	123.500	10776.700
103	104	TRAMO N°103	134.100	10798.700
104	105	TRAMO N°104	92.700	10932.800
105	106	TRAMO N°105	130.800	11025.500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

RECORRIDO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

ESCALA:  
1:15 000

AÑO:  
2024

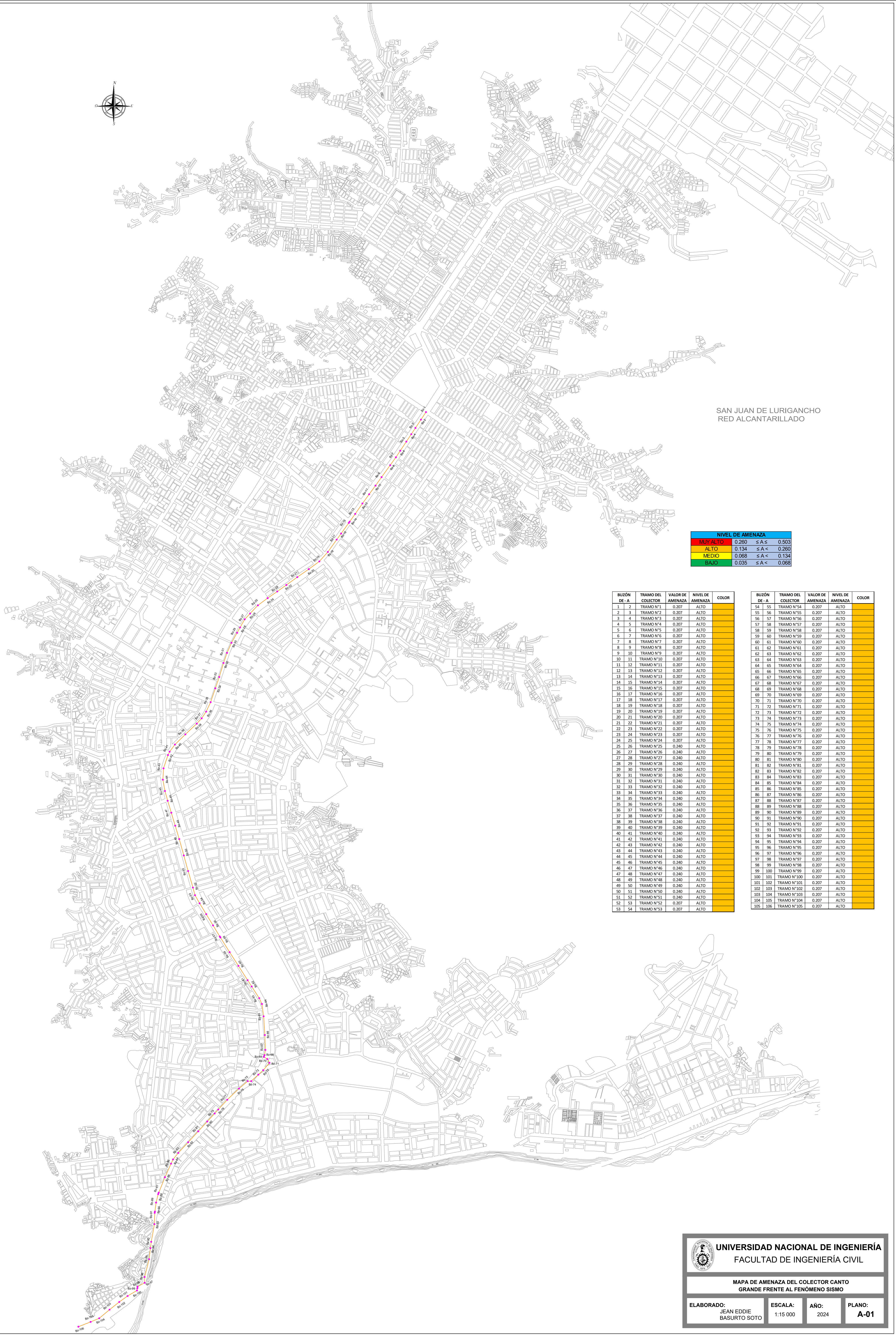
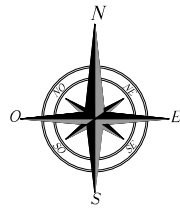
PLANO:  
C-01



## **ANEXO N°06:**

Mapa de amenaza del Colector  
Canto Grande frente al fenómeno  
sismo





SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO

NIVEL DE AMENAZA			
MUY ALTO	0.260	$\leq A \leq$	0.503
ALTO	0.134	$\leq A <$	0.260
MEDIO	0.068	$\leq A <$	0.134
BAJO	0.035	$\leq A <$	0.068

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DE AMENAZA	NIVEL DE AMENAZA	COLOR
1 2	TRAMO N°1	0.207	ALTO	
2 3	TRAMO N°2	0.207	ALTO	
3 4	TRAMO N°3	0.207	ALTO	
4 5	TRAMO N°4	0.207	ALTO	
5 6	TRAMO N°5	0.207	ALTO	
6 7	TRAMO N°6	0.207	ALTO	
7 8	TRAMO N°7	0.207	ALTO	
8 9	TRAMO N°8	0.207	ALTO	
9 10	TRAMO N°9	0.207	ALTO	
10 11	TRAMO N°10	0.207	ALTO	
11 12	TRAMO N°11	0.207	ALTO	
12 13	TRAMO N°12	0.207	ALTO	
13 14	TRAMO N°13	0.207	ALTO	
14 15	TRAMO N°14	0.207	ALTO	
15 16	TRAMO N°15	0.207	ALTO	
16 17	TRAMO N°16	0.207	ALTO	
17 18	TRAMO N°17	0.207	ALTO	
18 19	TRAMO N°18	0.207	ALTO	
19 20	TRAMO N°19	0.207	ALTO	
20 21	TRAMO N°20	0.207	ALTO	
21 22	TRAMO N°21	0.207	ALTO	
22 23	TRAMO N°22	0.207	ALTO	
23 24	TRAMO N°23	0.207	ALTO	
24 25	TRAMO N°24	0.207	ALTO	
25 26	TRAMO N°25	0.240	ALTO	
26 27	TRAMO N°26	0.240	ALTO	
27 28	TRAMO N°27	0.240	ALTO	
28 29	TRAMO N°28	0.240	ALTO	
29 30	TRAMO N°29	0.240	ALTO	
30 31	TRAMO N°30	0.240	ALTO	
31 32	TRAMO N°31	0.240	ALTO	
32 33	TRAMO N°32	0.240	ALTO	
33 34	TRAMO N°33	0.240	ALTO	
34 35	TRAMO N°34	0.240	ALTO	
35 36	TRAMO N°35	0.240	ALTO	
36 37	TRAMO N°36	0.240	ALTO	
37 38	TRAMO N°37	0.240	ALTO	
38 39	TRAMO N°38	0.240	ALTO	
39 40	TRAMO N°39	0.240	ALTO	
40 41	TRAMO N°40	0.240	ALTO	
41 42	TRAMO N°41	0.240	ALTO	
42 43	TRAMO N°42	0.240	ALTO	
43 44	TRAMO N°43	0.240	ALTO	
44 45	TRAMO N°44	0.240	ALTO	
45 46	TRAMO N°45	0.240	ALTO	
46 47	TRAMO N°46	0.240	ALTO	
47 48	TRAMO N°47	0.240	ALTO	
48 49	TRAMO N°48	0.240	ALTO	
49 50	TRAMO N°49	0.240	ALTO	
50 51	TRAMO N°50	0.240	ALTO	
51 52	TRAMO N°51	0.240	ALTO	
52 53	TRAMO N°52	0.207	ALTO	
53 54	TRAMO N°53	0.207	ALTO	

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DE AMENAZA	NIVEL DE AMENAZA	COLOR
54 55	TRAMO N°54	0.207	ALTO	
55 56	TRAMO N°55	0.207	ALTO	
56 57	TRAMO N°56	0.207	ALTO	
57 58	TRAMO N°57	0.207	ALTO	
58 59	TRAMO N°58	0.207	ALTO	
59 60	TRAMO N°59	0.207	ALTO	
60 61	TRAMO N°60	0.207	ALTO	
61 62	TRAMO N°61	0.207	ALTO	
62 63	TRAMO N°62	0.207	ALTO	
63 64	TRAMO N°63	0.207	ALTO	
64 65	TRAMO N°64	0.207	ALTO	
65 66	TRAMO N°65	0.207	ALTO	
66 67	TRAMO N°66	0.207	ALTO	
67 68	TRAMO N°67	0.207	ALTO	
68 69	TRAMO N°68	0.207	ALTO	
69 70	TRAMO N°69	0.207	ALTO	
70 71	TRAMO N°70	0.207	ALTO	
71 72	TRAMO N°71	0.207	ALTO	
72 73	TRAMO N°72	0.207	ALTO	
73 74	TRAMO N°73	0.207	ALTO	
74 75	TRAMO N°74	0.207	ALTO	
75 76	TRAMO N°75	0.207	ALTO	
76 77	TRAMO N°76	0.207	ALTO	
77 78	TRAMO N°77	0.207	ALTO	
78 79	TRAMO N°78	0.207	ALTO	
79 80	TRAMO N°79	0.207	ALTO	
80 81	TRAMO N°80	0.207	ALTO	
81 82	TRAMO N°81	0.207	ALTO	
82 83	TRAMO N°82	0.207	ALTO	
83 84	TRAMO N°83	0.207	ALTO	
84 85	TRAMO N°84	0.207	ALTO	
85 86	TRAMO N°85	0.207	ALTO	
86 87	TRAMO N°86	0.207	ALTO	
87 88	TRAMO N°87	0.207	ALTO	
88 89	TRAMO N°88	0.207	ALTO	
89 90	TRAMO N°89	0.207	ALTO	
90 91	TRAMO N°90	0.207	ALTO	
91 92	TRAMO N°91	0.207	ALTO	
92 93	TRAMO N°92	0.207	ALTO	
93 94	TRAMO N°93	0.207	ALTO	
94 95	TRAMO N°94	0.207	ALTO	
95 96	TRAMO N°95	0.207	ALTO	
96 97	TRAMO N°96	0.207	ALTO	
97 98	TRAMO N°97	0.207	ALTO	
98 99	TRAMO N°98	0.207	ALTO	
99 100	TRAMO N°99	0.207	ALTO	
100 101	TRAMO N°100	0.207	ALTO	
101 102	TRAMO N°101	0.207	ALTO	
102 103	TRAMO N°102	0.207	ALTO	
103 104	TRAMO N°103	0.207	ALTO	
104 105	TRAMO N°104	0.207	ALTO	
105 106	TRAMO N°105	0.207	ALTO	



**ANEXO N°07:**  
Jerarquización de la  
vulnerabilidad

## Jerarquización de la vulnerabilidad

### 1. Definición de los parámetros de la vulnerabilidad

PARÁMETRO	MUY ALTO	$V2 \leq V \leq V1$
	ALTO	$V3 \leq V < V2$
	MEDIO	$V4 \leq V < V3$
	BAJO	$V5 \leq V < V4$

### 2. Matriz de comparación de pares

PARÁMETRO	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1	3	5	7	9
V2	1/3	1	3	5	7
V3	1/5	1/3	1	3	5
V4	1/7	1/5	1/3	1	3
V5	1/9	1/5	1/5	1/3	1

PARÁMETRO	V1	V2	V3	V4	V5
V1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
V2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
V3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
V4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
V5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

### 3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

PARÁMETRO	V1	V2	V3	V4	V5	Vector Priorización (Ponderación)
V1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
V2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
V3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
V4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
V5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	V1	V2	V3	V4	V5	<b>X</b>
V1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	
V2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000	
V3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000	
V4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000	
V5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000	

Vector Priorización (Ponderación)	<b>=</b>	Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134		0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada	<b>÷</b>	Vector Priorización (Ponderación)	<b>=</b>	$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699		0.134		5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC/IA$$

IA = 1.115 (el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia)

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

## 7. Cuadro de Jerarquización de la Vulnerabilidad

NIVEL DE VULNERABILIDAD			
MUY ALTO	0.260	$\leq V \leq$	0.503
ALTO	0.134	$\leq V <$	0.260
MEDIO	0.068	$\leq V <$	0.134
BAJO	0.035	$\leq V <$	0.068



**ANEXO N°08:**  
Vulnerabilidad física  
considerando la fragilidad

## Vulnerabilidad física considerando la fragilidad

### 1. Ponderación de los Parámetros de la Vulnerabilidad Física considerando la Fragilidad

#### 1.1. Definición de los parámetros de la Vulnerabilidad Física considerando la Fragilidad

PARÁMETRO	Estado de conservación
	Tipo de material
	Diámetro del Colector
	Antigüedad del colector

#### 1.2. Matriz de comparación de pares

PARÁMETRO	Estado de conservación	Tipo de material	Diámetro del Colector	Antigüedad del colector
Estado de conservación	1	2	2	3
Tipo de material	1/2	1	1	2
Diámetro del Colector	1/2	1	1	1
Antigüedad del colector	1/3	1/2	1	1

PARÁMETRO	Estado de conservación	Tipo de material	Diámetro del Colector	Antigüedad del colector
Estado de conservación	1.000	2.000	2.000	3.000
Tipo de material	0.500	1.000	1.000	2.000
Diámetro del Colector	0.500	1.000	1.000	1.000
Antigüedad del colector	0.333	0.500	1.000	1.000
Suma	2.333	4.500	5.000	7.000
1/Suma	0.429	0.222	0.200	0.143

#### 1.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

PARÁMETRO	Estado de conservación	Tipo de material	Diámetro del Colector	Antigüedad del colector
Estado de conservación	0.429	0.444	0.400	0.429
Tipo de material	0.214	0.222	0.200	0.286
Diámetro del Colector	0.214	0.222	0.200	0.143
Antigüedad del colector	0.143	0.111	0.200	0.143
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

Vector Priorización (Ponderación)
0.425
0.231
0.195
0.149
1.000

#### 1.4. Vector suma ponderada

PARÁMETRO	Estado de conservación	Tipo de material	Diámetro del Colector	Antigüedad del colector
Estado de conservación	1.000	2.000	2.000	3.000
Tipo de material	0.500	1.000	1.000	2.000
Diámetro del Colector	0.500	1.000	1.000	1.000
Antigüedad del colector	0.333	0.500	1.000	1.000

<b>X</b>	Vector Priorización (Ponderación)	<b>=</b>	Vector Suma Ponderada
	0.425		1.724
	0.231		0.937
	0.195		0.787
	0.149		0.601

#### 1.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada	<b>÷</b>	Vector Priorización (Ponderación)	<b>=</b>	$\lambda_n$
1.724		0.425		4.052
0.937		0.231		4.062
0.787		0.195		4.041
0.601		0.149		4.029

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 4$$

$$\lambda_{max} = 4.05$$

## 1.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

$$IC = 0.02$$

$$RC = IC/IA$$

$$IA = 0.882 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.02 < 0.08 \Rightarrow \text{OK!}$$

## 2. Ponderación de los descriptores de los parámetros de la Vulnerabilidad Física considerando la Fragilidad

### 2.1. Ponderación de los descriptores del parámetro Estado de Conservación

#### 2.1.1. Definición de los descriptores del parámetro Estado de Conservación

PARÁMETRO	EC1	Muy malo
	EC2	Malo
	EC3	Regular
	EC4	Bueno

#### 2.1.2. Matriz de comparación de pares

PARÁMETRO	EC1	EC2	EC3	EC4
EC1	1	3	5	7
EC2	1/3	1	2	3
EC3	1/5	1/2	1	2
EC4	1/7	1/3	1/2	1

PARÁMETRO	EC1	EC2	EC3	EC4
EC1	1.000	3.000	5.000	7.000
EC2	0.333	1.000	2.000	3.000
EC3	0.200	0.500	1.000	2.000
EC4	0.143	0.333	0.500	1.000
Suma	1.676	4.833	8.500	13.000
1/Suma	0.597	0.207	0.118	0.077

### 2.1.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

PARÁMETRO	EC1	EC2	EC3	EC4	Vector Priorización (Ponderación)
EC1	0.597	0.621	0.588	0.538	0.586
EC2	0.199	0.207	0.235	0.231	0.218
EC3	0.119	0.103	0.118	0.154	0.124
EC4	0.085	0.069	0.059	0.077	0.072
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

### 2.1.4. Vector suma ponderada

PARÁMETRO	EC1	EC2	EC3	EC4
EC1	1.000	3.000	5.000	7.000
EC2	0.333	1.000	2.000	3.000
EC3	0.200	0.500	1.000	2.000
EC4	0.143	0.333	0.500	1.000

$$\begin{array}{c} \mathbf{X} \end{array}
 \begin{array}{|c|} \hline \text{Vector Priorización} \\ \text{(Ponderación)} \\ \hline 0.586 \\ \hline 0.218 \\ \hline 0.124 \\ \hline 0.072 \\ \hline \end{array}
 =
 \begin{array}{|c|} \hline \text{Vector Suma} \\ \text{Ponderada} \\ \hline 2.365 \\ \hline 0.878 \\ \hline 0.495 \\ \hline 0.291 \\ \hline \end{array}$$

### 2.1.5. Hallando $\lambda_{max}$

$$\begin{array}{|c|} \hline \text{Vector Suma} \\ \text{Ponderada} \\ \hline 2.365 \\ \hline 0.878 \\ \hline 0.495 \\ \hline 0.291 \\ \hline \end{array}
 \div
 \begin{array}{|c|} \hline \text{Vector} \\ \text{Priorización} \\ \text{(Ponderación)} \\ \hline 0.586 \\ \hline 0.218 \\ \hline 0.124 \\ \hline 0.072 \\ \hline \end{array}
 =
 \begin{array}{|c|} \hline \lambda_n \\ \hline 4.036 \\ \hline 4.028 \\ \hline 4.004 \\ \hline 4.010 \\ \hline \end{array}$$

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 4.02$$

### 2.1.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

$$IC = 0.01$$

$$RC = IC/IA$$

$$IA = 0.882 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.01 < 0.08 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 2.1.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		ESTADO DE CONSERVACIÓN	PESO PONDERADO: 0.425	
DESCRIPTOR ES	EC1	Muy malo	PEC1	0.586
	EC2	Malo	PEC2	0.218
	EC3	Regular	PEC3	0.124
	EC4	Bueno	PEC4	0.072

Donde:

EC1, EC2, EC3 y EC4: Descriptores del parámetro Estado de Conservación

PEC1, PEC2, PEC3, y PEC4: Pesos ponderados de los descriptores

EC1: Presencia de fisuras, grietas o deformaciones mayor al 30% del diámetro  
(NTP-ISO 21138-3, 2010)

EC2: Presencia de corrosión

EC3: Presencia de abrasión

EC4: Sin presencia de abrasión, corrosión y fisuras o grietas

## 2.2. Ponderación de los descriptores del parámetro Tipo de Material

### 2.2.1. Definición de los descriptores del parámetro Tipo de Material

DESCRIPTOR	TM1	Albañilería
	TM2	CSN o CR
	TM3	ACER o FRP
	TM4	PVC o PVC-O
	TM5	Polietileno (HDPE)

### 2.2.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
TM1	1	3	5	7	9
TM2	1/3	1	3	5	7
TM3	1/5	1/3	1	3	5
TM4	1/7	1/5	1/3	1	3
TM5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
TM1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
TM2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
TM3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
TM4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
TM5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

### 2.2.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	Vector Priorización (Ponderación)
TM1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
TM2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
TM3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
TM4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
TM5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 2.2.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
TM1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
TM2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
TM3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
TM4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
TM5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134	=	0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 2.2.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 2.2.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$



$$RC = IC/IA$$

IA = 1.115 (el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia)

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 2.2.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		TIPO DE MATERIAL	PESO PONDERADO: 0.231	
DESCRIPTORES	TM1	Albañilería	PTM1	0.503
	TM2	CSN o CR	PTM2	0.260
	TM3	ACER o FRP	PTM3	0.134
	TM4	PVC o PVC-O	PTM4	0.068
	TM5	Polietileno (HDPE)	PTM5	0.035

Donde:

TM1, TM2, TM3, TM4 y TM5: Descriptores del parámetro Tipo de Material

PTM1, PTM2, PTM3, PTM4 y PTM5: Pesos ponderados de los descriptores

### 2.3. Ponderación de los descriptores del parámetro Diámetro del Colector

#### 2.3.1. Definición de los descriptores del parámetro Diámetro del Colector

DESCRIPTOR	D1	$D \geq 600 \text{ mm}$
	D2	$300 \text{ mm} \leq D < 600 \text{ mm}$
	D3	$D < 30 \text{ mm}$

#### 2.3.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	D1	D2	D3
D1	1	3	4
D2	1/3	1	1
D3	1/4	1	1

DESCRIPTOR	D1	D2	D3
D1	1.000	3.000	4.000
D2	0.333	1.000	1.000
D3	0.250	1.000	1.000
Suma	1.583	5.000	6.000
1/Suma	0.632	0.200	0.167

### 2.3.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	D1	D2	D3	Vector Priorización (Ponderación)
D1	0.632	0.600	0.667	0.633
D2	0.211	0.200	0.167	0.192
D3	0.158	0.200	0.167	0.175
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

### 2.3.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	D1	D2	D3
D1	1.000	3.000	4.000
D2	0.333	1.000	1.000
D3	0.250	1.000	1.000

X

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.633	=	1.909
0.192		0.578
0.175		0.525

### 2.3.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
1.909	÷	0.633	=	3.018
0.578		0.192		3.005
0.525		0.175		3.005

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 3$$

$$\lambda_{max} = 3.01$$

### 2.3.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.00$$

$$RC = IC/IA$$

IA = 0.525 (el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia)

$$RC = 0.01 < 0.04 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 2.3.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		DIÁMETRO DEL COLECTOR	PESO PONDERADO: 0.195	
DESCRIPTORES	D1	$D \geq 600 \text{ mm}$	PD1	0.633
	D2	$300 \text{ mm} \leq D < 600 \text{ mm}$	PD2	0.192
	D3	$D < 30 \text{ mm}$	PD3	0.175

Donde:

D1, D2 y D3: Descriptores del parámetro Diámetro del Colector

PD1, PD2 y PD3: Pesos ponderados de los descriptores

## 2.4. Ponderación de los descriptores del parámetro Antigüedad del Colector

### 2.4.1. Ponderación de los descriptores del parámetro Antigüedad del Colector para la tubería de concreto

#### 2.4.1.1. Definición de los descriptores del parámetro Antigüedad del Colector

DESCRIPTOR	AC1	Más de 50 años
	AC2	Entre 40 a 50 años
	AC3	Entre 30 a 40 años
	AC4	Entre 15 a 30 años
	AC5	Menor a 15 años

#### 2.4.1.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1	3	5	7	9
AC2	1/3	1	3	5	7
AC3	1/5	1/3	1	3	5
AC4	1/7	1/5	1/3	1	3
AC5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
AC2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
AC3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
AC4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
AC5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

#### 2.4.1.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	Vector Priorización (Ponderación)
AC1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
AC2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
AC3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
AC4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
AC5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 2.4.1.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
AC2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
AC3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
AC4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
AC5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503		2.743
0.260		1.414
0.134	=	0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 2.4.1.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 2.4.1.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC / IA$$

$$IA = 1.115 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

#### 2.4.1.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR	PESO PONDERADO: 0.149	
DESCRIPTORES	AC1	Más de 50 años	PAC1	0.503
	AC2	Entre 40 a 50 años	PAC2	0.260
	AC3	Entre 30 a 40 años	PAC3	0.134
	AC4	Entre 15 a 30 años	PAC4	0.068
	AC5	Menor a 15 años	PAC5	0.035

Donde:

AC1, AC2, AC3, AC4 y AC5: Descriptores del parámetro Antigüedad del Colector

## PAC1, PAC2, PAC3, PAC4 y PAC5: Pesos ponderados de los descriptores

### 2.4.2. Ponderación de los descriptores del parámetro Antigüedad del Colector para la tubería HDPE

#### 2.4.2.1. Definición de los descriptores del parámetro Antigüedad del Colector

DESCRIPTOR	AC1	Más de 100 años
	AC2	Entre 75 a 100 años
	AC3	Entre 50 a 75 años
	AC4	Entre 25 a 50 años
	AC5	Menor a 25 años

#### 2.4.2.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1	3	5	7	9
AC2	1/3	1	3	5	7
AC3	1/5	1/3	1	3	5
AC4	1/7	1/5	1/3	1	3
AC5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5
AC1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000
AC2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000
AC3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000
AC4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000
AC5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000
Suma	1.787	4.676	9.533	16.333	25.000
1/Suma	0.560	0.214	0.105	0.061	0.040

#### 2.4.2.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	Vector Priorización (Ponderación)
AC1	0.560	0.642	0.524	0.429	0.360	0.503
AC2	0.187	0.214	0.315	0.306	0.280	0.260
AC3	0.112	0.071	0.105	0.184	0.200	0.134
AC4	0.080	0.043	0.035	0.061	0.120	0.068
AC5	0.062	0.031	0.021	0.020	0.040	0.035
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

#### 2.4.2.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	AC1	AC2	AC3	AC4	AC5	
AC1	1.000	3.000	5.000	7.000	9.000	<b>X</b>
AC2	0.333	1.000	3.000	5.000	7.000	
AC3	0.200	0.333	1.000	3.000	5.000	
AC4	0.143	0.200	0.333	1.000	3.000	
AC5	0.111	0.143	0.200	0.333	1.000	

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.503	=	2.743
0.260		1.414
0.134		0.699
0.068		0.341
0.035		0.177

#### 2.4.2.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_n$
2.743		0.503		5.455
1.414		0.260		5.432
0.699	÷	0.134	=	5.204
0.341		0.068		5.030
0.177		0.035		5.093

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 5$$

$$\lambda_{max} = 5.24$$

#### 2.4.2.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0.06$$

$$RC = IC / IA$$

$$IA = 1.115 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0.05 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

#### 2.4.2.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		ANTIGÜEDAD DEL COLECTOR	PESO PONDERADO: 0.149	
DESCRIPTORES	AC1	Más de 100 años	PAC1	0.503
	AC2	Entre 75 a 100 años	PAC2	0.260
	AC3	Entre 50 a 75 años	PAC3	0.134
	AC4	Entre 25 a 50 años	PAC4	0.068
	AC5	Menor a 25 años	PAC5	0.035

Donde:

AC1, AC2, AC3, AC4 y AC5: Descriptores del parámetro Antigüedad del Colector

PAC1, PAC2, PAC3, PAC4 y PAC5: Pesos ponderados de los descriptores



**ANEXO N°09:**  
Vulnerabilidad física  
considerando la resiliencia

## Vulnerabilidad física considerando la resiliencia

2. Ponderación de los descriptores del parámetro Velocidad del Flujo condicionado a la Tracción Tractiva Media

2.1. Definición de los descriptores del parámetro Velocidad del Flujo condicionado a la Tracción Tractiva Media

DESCRIPTOR	VT1	$V > 5 \text{ m/s}$
	VT2	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \leq 1.0 \text{ Pa}$
	VT3	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \geq 1.0 \text{ Pa}$

2.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	VT1	VT2	VT3
VT1	1	2	4
VT2	1/2	1	2
VT3	1/4	1/2	1

DESCRIPTOR	VT1	VT2	VT3
VT1	1.000	2.000	4.000
VT2	0.500	1.000	2.000
VT3	0.250	0.500	1.000
Suma	1.750	3.500	7.000
1/Suma	0.571	0.286	0.143

2.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	VT1	VT2	VT3	Vector Priorización (Ponderación)
VT1	0.571	0.571	0.571	0.571
VT2	0.286	0.286	0.286	0.286
VT3	0.143	0.143	0.143	0.143
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000

## 2.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	VT1	VT2	VT3
VT1	1.000	2.000	4.000
VT2	0.500	1.000	2.000
VT3	0.250	0.500	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)	=	Vector Suma Ponderada
0.571		1.714
0.286		0.857
0.143		0.429

## 2.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada	÷	Vector Priorización (Ponderación)	=	$\lambda_{max}$
1.714		0.571		3.000
0.857		0.286		3.000
0.429		0.143		3.000

$$\lambda_{max.} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 3$$

$$\lambda_{max} = 3$$

## 2.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{max.} - n) / (n - 1)$$

$$IC = 0$$

$$RC = IC / IA$$

$$IA = 0.525 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0 < 0.04 \Rightarrow \text{OK!}$$

## 2.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		VELOCIDAD DEL FLUJO Y TRACCIÓN TRACTIVA MEDIA	PESO PONDERADO: 0.500	
DESCRIPTOR	VT1	$V > 5 \text{ m/s}$	PVT1	0.571
	VT2	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \leq 1.0 \text{ Pa}$	PVT2	0.286
	VT3	$V \leq 5 \text{ m/s}, T \geq 1.0 \text{ Pa}$	PVT3	0.143

Donde:

VT1, VT2 y VT3: Descriptores del parámetro Velocidad del Flujo y Tensión Tractiva Media

PVT1, PVT2 y PVT3: Pesos ponderados de los descriptores

## 3. Ponderación de los descriptores del parámetro Relación Tirante – Diámetro

### 3.1. Definición de los descriptores del parámetro Relación Tirante - Diámetro

DESCRIPTOR	YD1	$90\% < Y/D \leq 100\%$
	YD2	$80\% < Y/D \leq 90\%$
	YD3	$75\% < Y/D \leq 80\%$
	YD4	$Y/D \leq 75\%$

### 3.2. Matriz de comparación de pares

DESCRIPTOR	YD1	YD2	YD3	YD4
YD1	1	2	5	7
YD2	1/2	1	2	4
YD3	1/5	1/2	1	2
YD4	1/7	1/4	1/2	1

DESCRIPTOR	YD1	YD2	YD3	YD4
YD1	1.000	2.000	5.000	7.000
YD2	0.500	1.000	2.000	4.000
YD3	0.200	0.500	1.000	2.000
YD4	0.143	0.250	0.500	1.000
Suma	1.843	3.750	8.500	14.000
1/Suma	0.543	0.267	0.118	0.071

### 3.3. Matriz de normalización y matriz priorización (ponderación)

DESCRIPTOR	YD1	YD2	YD3	YD4	Vector Priorización (Ponderación)
YD1	0.543	0.533	0.588	0.500	0.541
YD2	0.271	0.267	0.235	0.286	0.265
YD3	0.109	0.133	0.118	0.143	0.126
YD4	0.078	0.067	0.059	0.071	0.069
Suma	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

### 3.4. Vector suma ponderada

DESCRIPTOR	YD1	YD2	YD3	YD4
YD1	1.000	2.000	5.000	7.000
YD2	0.500	1.000	2.000	4.000
YD3	0.200	0.500	1.000	2.000
YD4	0.143	0.250	0.500	1.000

**X**

Vector Priorización (Ponderación)		Vector Suma Ponderada
0.541		2.179
0.265	=	1.061
0.126		0.503
0.069		0.275

### 3.5. Hallando $\lambda_{max}$

Vector Suma Ponderada		Vector Priorización (Ponderación)		$\lambda_{max}$
2.179		0.541		4.027
1.061		0.265		4.007
0.503	÷	0.126	=	4.008
0.275		0.069		4.007

$$\lambda_{max} = (\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n) / n$$

$$n = 4$$

$$\lambda_{max} = 4.01$$

### 3.6. Cálculo de la relación de consistencia (RC)

$$IC = (\lambda_{\max} - n)/(n - 1)$$

$$IC = 0$$

$$RC = IC/IA$$

$$IA = 0.882 \quad (\text{el valor es obtenido del cuadro de índice de consistencia})$$

$$RC = 0 < 0.10 \Rightarrow \text{OK!}$$

### 3.7. Cuadro de ponderación del parámetro y sus suscriptores

PARÁMETRO		Y/D	PESO PONDERADO: 0.500	
DESCRIPTOR ES	YD1	90% < Y/D ≤ 100%	PYD1	0.541
	YD2	80% < Y/D ≤ 90%	PYD2	0.265
	YD3	75% < Y/D ≤ 80%	PYD3	0.126
	YD4	Y/D ≤ 75%	PYD4	0.069

Donde:

YD1, YD2, YD3 y YD4: Descriptores del parámetro Relación Tirante – Diámetro

PYD1, PYD2, PYD3 y PYD4: Pesos ponderados de los descriptores

**ANEXO N°10:**  
Análisis hidráulico del Colector  
Canto Grande

## Análisis hidráulico del colector canto grande

El análisis del Colector Canto Grande, permitirá determinar los parámetros hidráulicos de operación, tales como: caudal, velocidad media del flujo, tensión tractiva media y relación de tirante hidráulico – diámetro del colector, dichos parámetros serán determinados en cada tramo del Colector Canto Grande.

### 1. Determinación de caudales en el colector canto grande

El caudal en cada tramo del Colector Canto Grande, es la suma del caudal doméstico e industrial. Por tal motivo, es necesario determinar dichos caudales por separados para posteriormente sumarlos.

#### 1.1. Determinación de los caudales domésticos en el Colector Canto Grande

Para la determinación del caudal doméstico en cada tramo del Colector Canto Grande, se debe determinar la cantidad de personas aportantes por tramo del colector y la dotación de consumo de agua de la población del distrito de San Juan de Lurigancho.

##### 1.1.1. Determinación de los caudales de agua residual doméstica en el Colector Canto Grande

Según la sub Gerencia de Planeamiento Urbano y Catastro MDSJL, la población del distrito de San Juan de Lurigancho, está distribuida en 18 comunas (ver plano V1-01), en las cuales la población se encuentra distribuida según los porcentajes que se muestra en la tabla N°01, así mismo, según el INEI, la población total del distrito de San Juan de Lurigancho es de 1'203,125 habitantes para el año 2021.

Tabla N°01. Distribución de la población de San Juan De Lurigancho al año 2021

	COMUNAS	CENTRO POBLADO	ÁREA	POBLACIÓN
<b>ZONA 1</b>	1	19.11%	2.72	54,337
	2		1.19	23,760
	3		2.65	52,904
	5		3.40	67,821
	8		1.56	31,042
<b>ZONA 2</b>	4	15.76%	2.38	65,071
	6		2.25	61,285
	7		2.32	63,259
<b>ZONA 3</b>	10	34.51%	2.76	49,982
	12		3.88	70,304
	14		1.66	30,084
	15		2.13	38,676
	17		2.38	43,055
	18		10.11	183,124
<b>ZONA 4</b>	9	30.62%	3.42	120,157
	11		2.05	72,045
	13		3.60	126,131
	16		1.43	50,088



Según el plano V1-02, el cual muestra al colector canto grande y la red de alcantarillado sanitario que aportan a dicho colector, se puede determinar el área de aporte total del colector (ver plano V1-03), así mismo, relacionando la tabla N°01 y el plano A1-02, se obtiene la tabla N°02.

Tabla N°02. Número de pobladores aportantes al Colector Canto Grande por buzón

BUZÓN	POBLACIÓN	POBLACIÓN ACUMULADA
1	257,950	257,950
7	17,794	275,744
13	18,011	293,755
14	52,728	346,483
19	85,080	431,563
24	55,533	487,096
28	56,713	543,809
41	64,105	607,914
46	22,023	629,937
54	30,643	660,580
57	15,321	675,901
58	22,607	698,508
60	22,607	721,115
70	76,189	797,304
75	15,321	812,626
76	6,507	819,133
80	13,226	832,359
85	16,268	848,627
87	16,268	864,895
93	8,134	873,028
98	6,507	879,536

Según SEDAPAL, el consumo promedio de agua de la población del distrito de San Juan de Lurigancho es de 107 litros por día. Por lo tanto, el caudal de agua residual doméstica en cada tramo del Colector Canto Grande será como se indica en la tabla N°03.

Tabla N°03. Caudal de agua residual doméstica por tramo del Colector Canto Grande

Buzón de - A		CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO						
		Caudal Promedio				Caudal Máximo Horario		
		Población	Dotación (L/hab*día)	Coef.	Caudal (L/s)	$\Sigma Q$ (L/s)	Coef.	Caudal (L/s)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	
1	2	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01
2	3	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01
3	4	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01
4	5	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01
5	6	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01
6	7	257,950	107	0.800	255.562	255.562	1.800	460.01

7	8	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
8	9	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
9	10	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
10	11	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
11	12	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
12	13	275,744	107	0.800	273.190	273.190	1.800	491.74
13	14	293,755	107	0.800	291.035	291.035	1.800	523.86
14	15	346,483	107	0.800	343.275	343.275	1.800	617.89
15	16	346,483	107	0.800	343.275	343.275	1.800	617.89
16	17	346,483	107	0.800	343.275	343.275	1.800	617.89
17	18	346,483	107	0.800	343.275	343.275	1.800	617.89
18	19	346,483	107	0.800	343.275	343.275	1.800	617.89
19	20	431,563	107	0.800	427.567	427.567	1.800	769.62
20	21	431,563	107	0.800	427.567	427.567	1.800	769.62
21	22	431,563	107	0.800	427.567	427.567	1.800	769.62
22	23	431,563	107	0.800	427.567	427.567	1.800	769.62
23	24	431,563	107	0.800	427.567	427.567	1.800	769.62
24	25	487,096	107	0.800	482.586	482.586	1.800	868.65
25	26	487,096	107	0.800	482.586	482.586	1.800	868.65
26	27	487,096	107	0.800	482.586	482.586	1.800	868.65
27	28	487,096	107	0.800	482.586	482.586	1.800	868.65
28	29	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
29	30	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
30	31	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
31	32	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
32	33	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
33	34	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
34	35	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
35	36	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
36	37	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
37	38	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
38	39	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
39	40	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
40	41	543,809	107	0.800	538.774	538.774	1.800	969.79
41	42	607,914	107	0.800	602.285	602.285	1.800	1084.11
42	43	607,914	107	0.800	602.285	602.285	1.800	1084.11
43	44	607,914	107	0.800	602.285	602.285	1.800	1084.11
44	45	607,914	107	0.800	602.285	602.285	1.800	1084.11
45	46	607,914	107	0.800	602.285	602.285	1.800	1084.11
46	47	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
47	48	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
48	49	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
49	50	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
50	51	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
51	52	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
52	53	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
53	54	629,937	107	0.800	624.104	624.104	1.800	1123.39
54	55	660,580	107	0.800	654.463	654.463	1.800	1178.03

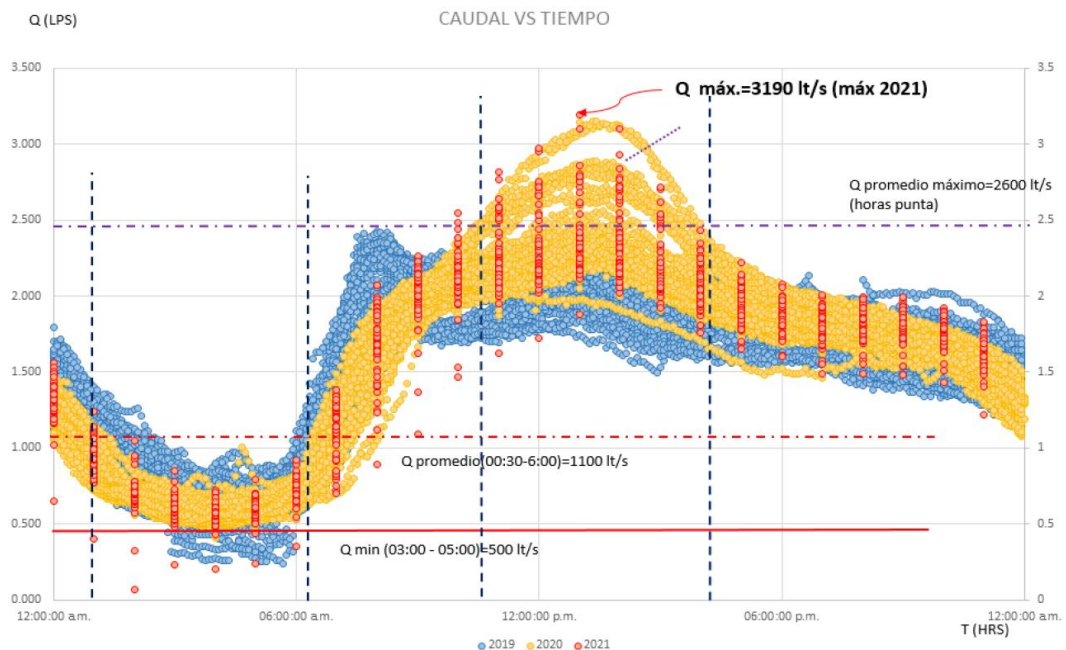
55	56	660,580	107	0.800	654.463	654.463	1.800	1178.03
56	57	660,580	107	0.800	654.463	654.463	1.800	1178.03
57	58	675,901	107	0.800	669.643	669.643	1.800	1205.36
58	59	698,508	107	0.800	692.040	692.040	1.800	1245.67
59	60	698,508	107	0.800	692.040	692.040	1.800	1245.67
60	61	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
61	62	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
62	63	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
63	64	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
64	65	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
65	66	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
66	67	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
67	68	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
68	69	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
69	70	721,115	107	0.800	714.438	714.438	1.800	1285.99
70	71	797,304	107	0.800	789.922	789.922	1.800	1421.86
71	72	797,304	107	0.800	789.922	789.922	1.800	1421.86
72	73	797,304	107	0.800	789.922	789.922	1.800	1421.86
73	74	797,304	107	0.800	789.922	789.922	1.800	1421.86
74	75	797,304	107	0.800	789.922	789.922	1.800	1421.86
75	76	812,626	107	0.800	805.101	805.101	1.800	1449.18
76	77	819,133	107	0.800	811.548	811.548	1.800	1460.79
77	78	819,133	107	0.800	811.548	811.548	1.800	1460.79
78	79	819,133	107	0.800	811.548	811.548	1.800	1460.79
79	80	819,133	107	0.800	811.548	811.548	1.800	1460.79
80	81	832,359	107	0.800	824.652	824.652	1.800	1484.37
81	82	832,359	107	0.800	824.652	824.652	1.800	1484.37
82	83	832,359	107	0.800	824.652	824.652	1.800	1484.37
83	84	832,359	107	0.800	824.652	824.652	1.800	1484.37
84	85	832,359	107	0.800	824.652	824.652	1.800	1484.37
85	86	848,627	107	0.800	840.769	840.769	1.800	1513.38
86	87	848,627	107	0.800	840.769	840.769	1.800	1513.38
87	88	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
88	89	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
89	90	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
90	91	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
91	92	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
92	93	864,895	107	0.800	856.886	856.886	1.800	1542.40
93	94	873,028	107	0.800	864.945	864.945	1.800	1556.90
94	95	873,028	107	0.800	864.945	864.945	1.800	1556.90
95	96	873,028	107	0.800	864.945	864.945	1.800	1556.90
96	97	873,028	107	0.800	864.945	864.945	1.800	1556.90
97	98	873,028	107	0.800	864.945	864.945	1.800	1556.90
98	99	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
99	100	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
100	101	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
101	102	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
102	103	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51

103	104	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
104	105	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51
105	106	879,536	107	0.800	871.392	871.392	1.800	1568.51

### 1.1.2. Determinación de los caudales de agua residual industrial en el Colector Canto Grande

SEDAPAL realizó la toma de caudales en el buzón N°91 del Colector Canto Grande entre los años 2019 - 2021,

Figura N°01. Hidrograma de caudales medidos por SEDAPAL en el buzón N°91 del Colector Canto Grande



En la figura N°01, se puede apreciar el caudal máximo horario es de 2600 l/s, el cual es la suma del caudal máximo horario doméstico y el caudal máximo horario industrial. La tabla N°04 muestra los caudales de agua residual en los diferentes tramos del Colector Canto Grande.

Tabla N°04. Caudales de aguas residuales por tramo del Colector Canto Grande al año 2021

Buzón de - A	CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO		CAUDAL DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL MÁXIMO AHORARIO
	L/s		L/S	L/S
(1)	(2)		(3)	(4)
1	2	460.01	315.42	775.44
2	3	460.01	315.42	775.44
3	4	460.01	315.42	775.44
4	5	460.01	315.42	775.44

5	6	460.01	315.42	775.44
6	7	460.01	315.42	775.44
7	8	491.74	337.18	828.93
8	9	491.74	337.18	828.93
9	10	491.74	337.18	828.93
10	11	491.74	337.18	828.93
11	12	491.74	337.18	828.93
12	13	491.74	337.18	828.93
13	14	523.86	359.21	883.07
14	15	617.89	423.68	1041.58
15	16	617.89	423.68	1041.58
16	17	617.89	423.68	1041.58
17	18	617.89	423.68	1041.58
18	19	617.89	423.68	1041.58
19	20	769.62	527.72	1297.34
20	21	769.62	527.72	1297.34
21	22	769.62	527.72	1297.34
22	23	769.62	527.72	1297.34
23	24	769.62	527.72	1297.34
24	25	868.65	595.63	1464.28
25	26	868.65	595.63	1464.28
26	27	868.65	595.63	1464.28
27	28	868.65	595.63	1464.28
28	29	969.79	664.98	1634.77
29	30	969.79	664.98	1634.77
30	31	969.79	664.98	1634.77
31	32	969.79	664.98	1634.77
32	33	969.79	664.98	1634.77
33	34	969.79	664.98	1634.77
34	35	969.79	664.98	1634.77
35	36	969.79	664.98	1634.77
36	37	969.79	664.98	1634.77
37	38	969.79	664.98	1634.77
38	39	969.79	664.98	1634.77
39	40	969.79	664.98	1634.77
40	41	969.79	664.98	1634.77
41	42	1084.11	743.37	1827.48
42	43	1084.11	743.37	1827.48
43	44	1084.11	743.37	1827.48
44	45	1084.11	743.37	1827.48
45	46	1084.11	743.37	1827.48
46	47	1123.39	770.30	1893.68
47	48	1123.39	770.30	1893.68
48	49	1123.39	770.30	1893.68
49	50	1123.39	770.30	1893.68
50	51	1123.39	770.30	1893.68
51	52	1123.39	770.30	1893.68
52	53	1123.39	770.30	1893.68

53	54	1123.39	770.30	1893.68
54	55	1178.03	807.77	1985.80
55	56	1178.03	807.77	1985.80
56	57	1178.03	807.77	1985.80
57	58	1205.36	826.50	2031.86
58	59	1245.67	854.15	2099.82
59	60	1245.67	854.15	2099.82
60	61	1285.99	881.79	2167.78
61	62	1285.99	881.79	2167.78
62	63	1285.99	881.79	2167.78
63	64	1285.99	881.79	2167.78
64	65	1285.99	881.79	2167.78
65	66	1285.99	881.79	2167.78
66	67	1285.99	881.79	2167.78
67	68	1285.99	881.79	2167.78
68	69	1285.99	881.79	2167.78
69	70	1285.99	881.79	2167.78
70	71	1421.86	974.95	2396.81
71	72	1421.86	974.95	2396.81
72	73	1421.86	974.95	2396.81
73	74	1421.86	974.95	2396.81
74	75	1421.86	974.95	2396.81
75	76	1449.18	993.69	2442.87
76	77	1460.79	1001.65	2462.43
77	78	1460.79	1001.65	2462.43
78	79	1460.79	1001.65	2462.43
79	80	1460.79	1001.65	2462.43
80	81	1484.37	1017.82	2502.19
81	82	1484.37	1017.82	2502.19
82	83	1484.37	1017.82	2502.19
83	84	1484.37	1017.82	2502.19
84	85	1484.37	1017.82	2502.19
85	86	1513.38	1037.71	2551.10
86	87	1513.38	1037.71	2551.10
87	88	1542.40	1057.60	2600.00
88	89	1542.40	1057.60	2600.00
89	90	1542.40	1057.60	2600.00
90	91	1542.40	1057.60	2600.00
91	92	1542.40	1057.60	2600.00
92	93	1542.40	1057.60	2600.00
93	94	1556.90	1067.55	2624.45
94	95	1556.90	1067.55	2624.45
95	96	1556.90	1067.55	2624.45
96	97	1556.90	1067.55	2624.45
97	98	1556.90	1067.55	2624.45
98	99	1568.51	1075.51	2644.01
99	100	1568.51	1075.51	2644.01
100	101	1568.51	1075.51	2644.01

101	102	1568.51	1075.51	2644.01
102	103	1568.51	1075.51	2644.01
103	104	1568.51	1075.51	2644.01
104	105	1568.51	1075.51	2644.01
105	106	1568.51	1075.51	2644.01

Para la determinación de los caudales de agua residual en cada tramo del Colector Canto Grande, se considera que el caudal varía de manera proporcionalmente directa a la población.

Según el INEI, el distrito de San Juan de Lurigancho cuenta con 1'264,060 habitantes al año 2024 (año de análisis del colector), el cual tiene una relación con respecto a la población del año 2021 de 1.051, dicho factor será multiplicado a cada caudal de agua residual de los diferentes tramos del Colector Canto Grande. La tabla N°05 muestra los caudales en cada tramo del Colector Canto Grande al año 2024.

Tabla N°05. Caudales de aguas residuales por tramo del Colector Canto Grande al año 2024

Buzón de - A		CAUDAL DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICO	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL	CAUDAL DE AGUA RESIDUAL MÁXIMO AHORARIO
		L/s	L/S	L/S
(1)		(2)	(3)	(4)
1	2	483.31	331.40	814.71
2	3	483.31	331.40	814.71
3	4	483.31	331.40	814.71
4	5	483.31	331.40	814.71
5	6	483.31	331.40	814.71
6	7	483.31	331.40	814.71
7	8	516.65	354.26	870.91
8	9	516.65	354.26	870.91
9	10	516.65	354.26	870.91
10	11	516.65	354.26	870.91
11	12	516.65	354.26	870.91
12	13	516.65	354.26	870.91
13	14	550.39	377.40	927.80
14	15	649.19	445.14	1094.33
15	16	649.19	445.14	1094.33
16	17	649.19	445.14	1094.33
17	18	649.19	445.14	1094.33
18	19	649.19	445.14	1094.33
19	20	808.60	554.45	1363.05
20	21	808.60	554.45	1363.05
21	22	808.60	554.45	1363.05
22	23	808.60	554.45	1363.05
23	24	808.60	554.45	1363.05
24	25	912.65	625.79	1538.44

25	26	912.65	625.79	1538.44
26	27	912.65	625.79	1538.44
27	28	912.65	625.79	1538.44
28	29	1018.91	698.66	1717.57
29	30	1018.91	698.66	1717.57
30	31	1018.91	698.66	1717.57
31	32	1018.91	698.66	1717.57
32	33	1018.91	698.66	1717.57
33	34	1018.91	698.66	1717.57
34	35	1018.91	698.66	1717.57
35	36	1018.91	698.66	1717.57
36	37	1018.91	698.66	1717.57
37	38	1018.91	698.66	1717.57
38	39	1018.91	698.66	1717.57
39	40	1018.91	698.66	1717.57
40	41	1018.91	698.66	1717.57
41	42	1139.02	781.01	1920.03
42	43	1139.02	781.01	1920.03
43	44	1139.02	781.01	1920.03
44	45	1139.02	781.01	1920.03
45	46	1139.02	781.01	1920.03
46	47	1180.28	809.31	1989.59
47	48	1180.28	809.31	1989.59
48	49	1180.28	809.31	1989.59
49	50	1180.28	809.31	1989.59
50	51	1180.28	809.31	1989.59
51	52	1180.28	809.31	1989.59
52	53	1180.28	809.31	1989.59
53	54	1180.28	809.31	1989.59
54	55	1237.70	848.68	2086.37
55	56	1237.70	848.68	2086.37
56	57	1237.70	848.68	2086.37
57	58	1266.40	868.36	2134.77
58	59	1308.76	897.41	2206.17
59	60	1308.76	897.41	2206.17
60	61	1351.12	926.45	2277.57
61	62	1351.12	926.45	2277.57
62	63	1351.12	926.45	2277.57
63	64	1351.12	926.45	2277.57
64	65	1351.12	926.45	2277.57
65	66	1351.12	926.45	2277.57
66	67	1351.12	926.45	2277.57
67	68	1351.12	926.45	2277.57
68	69	1351.12	926.45	2277.57
69	70	1351.12	926.45	2277.57
70	71	1493.87	1024.33	2518.21
71	72	1493.87	1024.33	2518.21
72	73	1493.87	1024.33	2518.21



73	74	1493.87	1024.33	2518.21
74	75	1493.87	1024.33	2518.21
75	76	1522.58	1044.02	2566.60
76	77	1534.77	1052.38	2587.15
77	78	1534.77	1052.38	2587.15
78	79	1534.77	1052.38	2587.15
79	80	1534.77	1052.38	2587.15
80	81	1559.55	1069.37	2628.92
81	82	1559.55	1069.37	2628.92
82	83	1559.55	1069.37	2628.92
83	84	1559.55	1069.37	2628.92
84	85	1559.55	1069.37	2628.92
85	86	1590.03	1090.27	2680.30
86	87	1590.03	1090.27	2680.30
87	88	1620.51	1111.17	2731.68
88	89	1620.51	1111.17	2731.68
89	90	1620.51	1111.17	2731.68
90	91	1620.51	1111.17	2731.68
91	92	1620.51	1111.17	2731.68
92	93	1620.51	1111.17	2731.68
93	94	1635.75	1121.62	2757.37
94	95	1635.75	1121.62	2757.37
95	96	1635.75	1121.62	2757.37
96	97	1635.75	1121.62	2757.37
97	98	1635.75	1121.62	2757.37
98	99	1647.95	1129.98	2777.93
99	100	1647.95	1129.98	2777.93
100	101	1647.95	1129.98	2777.93
101	102	1647.95	1129.98	2777.93
102	103	1647.95	1129.98	2777.93
103	104	1647.95	1129.98	2777.93
104	105	1647.95	1129.98	2777.93
105	106	1647.95	1129.98	2777.93

## 2. Determinación de velocidades y relación tirante hidráulico – diámetro del flujo en el Colector Canto Grande

Teniendo los caudales de agua residual en cada tramo del Colector Canto Grande y con el apoyo del software SewerGEMS, se realiza el cálculo de la velocidad media del agua residual, así como de la relación tirante hidráulico – diámetro del colector. La tabla N°06 muestra los resultados de la velocidad del flujo de agua residual y la relación tirante hidráulico – diámetro en cada tramo (Y/D) del Colector Canto Grande.

Tabla N°06. Velocidad y Y/D por tramo del Colector Canto Grande

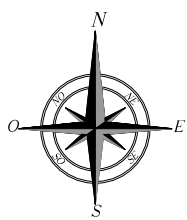
Buzón de - A		VELOCIDAD (L/S)	Y/D (%)
(1)		(2)	(3)
1	2	3.49	85.00
2	3	3.30	87.40
3	4	4.47	100.00
4	5	2.88	100.00
5	6	4.73	100.00
6	7	2.88	100.00
7	8	3.08	100.00
8	9	3.08	100.00
9	10	3.08	100.00
10	11	3.08	100.00
11	12	3.08	100.00
12	13	3.08	100.00
13	14	3.28	100.00
14	15	2.84	100.00
15	16	2.84	100.00
16	17	2.84	100.00
17	18	2.84	100.00
18	19	2.84	100.00
19	20	3.54	100.00
20	21	3.54	100.00
21	22	3.80	100.00
22	23	3.24	82.60
23	24	3.30	88.40
24	25	3.40	63.80
25	26	3.13	65.70
26	27	3.13	65.80
27	28	3.37	73.60
28	29	3.70	77.30
29	30	2.90	86.40
30	31	3.15	82.60
31	32	3.19	82.00
32	33	3.01	84.60
33	34	3.18	82.20
34	35	2.91	72.90
35	36	2.92	77.90
36	37	2.54	77.90
37	38	2.77	74.60
38	39	2.81	74.10
39	40	2.90	77.60
40	41	2.56	79.70
41	42	3.54	72.80
42	43	2.83	69.10
43	44	2.96	67.80

44	45	2.77	69.70
45	46	3.22	73.40
46	47	2.21	65.10
47	48	2.14	66.50
48	49	2.11	67.00
49	50	2.10	65.70
50	51	2.21	66.70
51	52	2.03	66.30
52	53	2.25	66.40
53	54	2.04	70.70
54	55	2.04	72.00
55	56	2.03	70.70
56	57	2.14	72.20
57	58	2.12	75.50
58	59	2.03	74.10
59	60	2.14	69.30
60	61	2.44	81.00
61	62	1.72	93.50
62	63	1.44	74.10
63	64	1.13	73.10
64	65	1.38	70.70
65	66	1.46	67.70
66	67	1.55	63.90
67	68	1.39	57.90
68	69	2.23	55.20
69	70	1.75	59.80
70	71	3.17	53.80
71	72	3.20	53.00
72	73	3.21	53.30
73	74	3.21	53.00
74	75	4.88	68.20
75	76	2.70	93.00
76	77	3.60	76.30
77	78	3.21	70.40
78	79	3.48	68.20
79	80	2.96	74.20
80	81	3.23	91.80
81	82	1.98	84.00
82	83	3.45	68.00
83	84	3.42	69.40
84	85	5.18	61.00
85	86	3.41	62.60
86	87	3.31	73.70
87	88	2.06	74.00
88	89	3.81	60.90
89	90	2.89	78.20
90	91	3.15	100.00
91	92	3.15	100.00

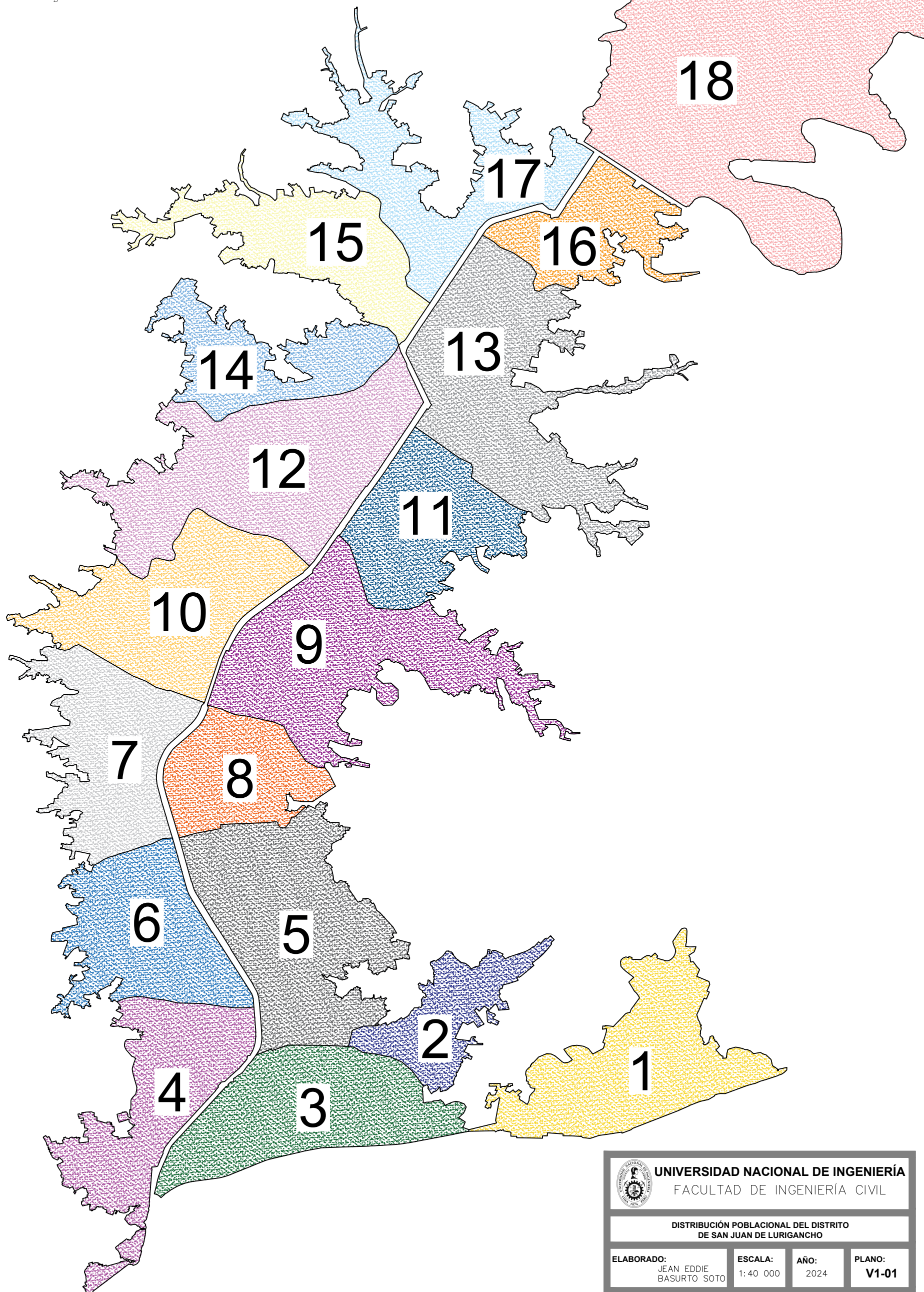
92	93	3.48	86.80
93	94	3.25	100.00
94	95	2.44	100.00
95	96	2.44	100.00
96	97	3.11	76.50
97	98	2.96	76.60
98	99	3.27	76.50
99	100	7.58	100.00
100	101	2.92	100.00
101	102	3.54	100.00
102	103	3.94	88.00
103	104	3.71	91.20
104	105	4.69	81.20
105	106	4.80	80.40

El plano V1-04 muestra los resultados de los parámetros hidráulicos del Colector Canto Grande al año 2024, y los planos PH-01, PH-02, PH-03, PH-04, PH-05 y PH-06 muestran el perfil hidráulico del Colector Canto Grande al mismo año.





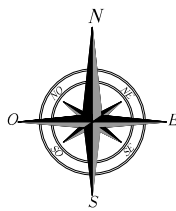
SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO




	<b>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA</b>		
	FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL		
DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DEL DISTRITO DE SAN JUAN DE LURIGANCHO			
ELABORADO: JEAN EDDIE BASURTO SOTO	ESCALA: 1:40 000	AÑO: 2024	PLANO: V1-01



SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	
DIRECCION DE FLUJO	
RED DE ALCANTARILLADO APORTANTE AL COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DE LA RED DE ALCANTARILLADO APORTANTE	
COLECTOR LA HUAYRONA	
RED DE ALCANTARILLADO APORTANTE AL COLECTOR LA HUAYRONA	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

RED DE ALCANTARILLADO DEL DISTRITO DE  
SAN JUAN DE LURIGANCHO

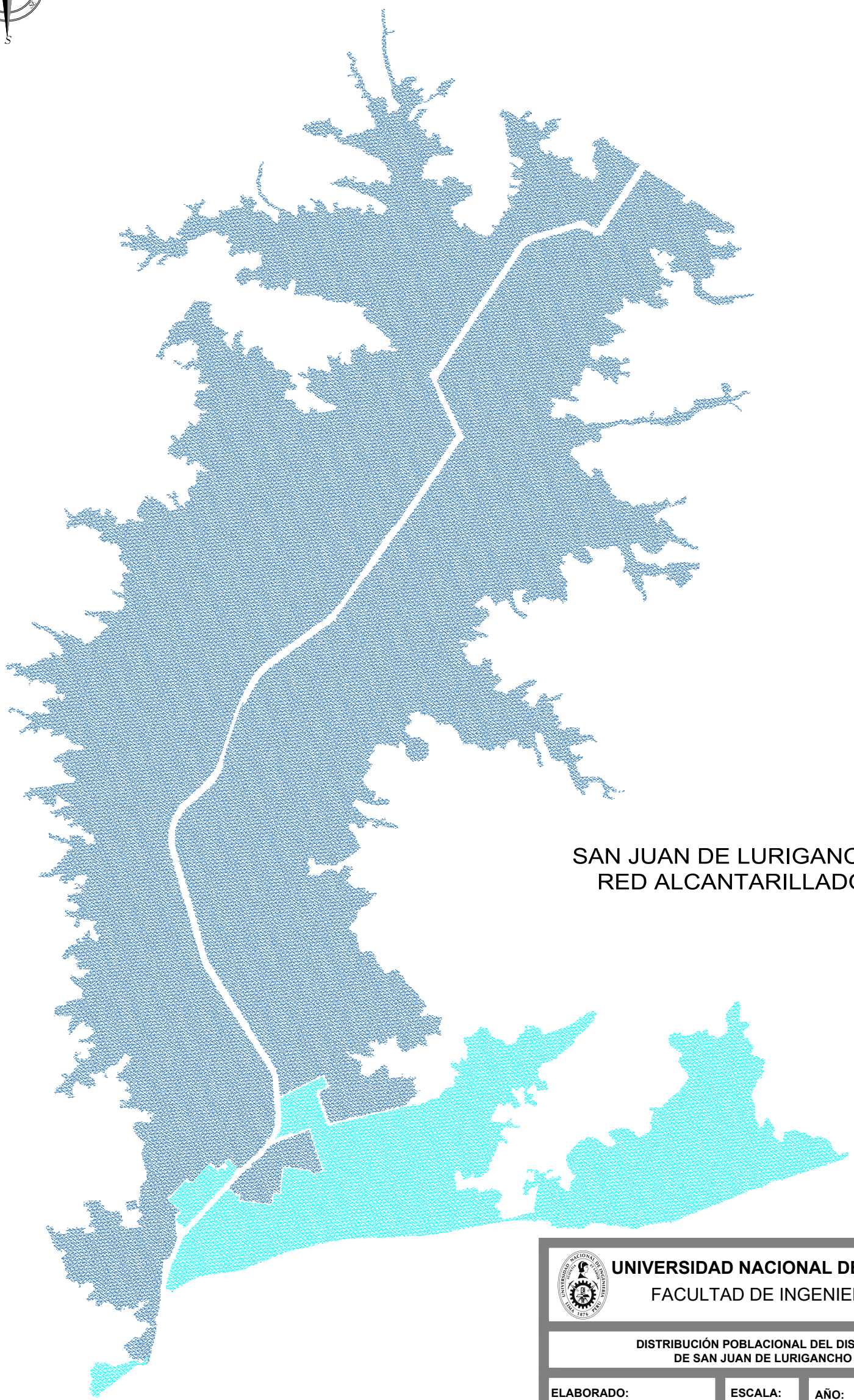
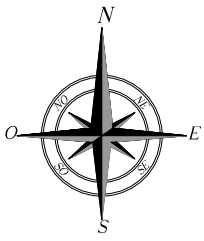
ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

ESCALA:  
1:15 000

AÑO:  
2024

PLANO:  
V1-02





SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO

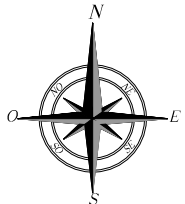


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

DISTRIBUCIÓN POBLACIONAL DEL DISTRITO  
DE SAN JUAN DE LURIGANCHO

ELABORADO: JEAN EDDIE BASURTO SOTO	ESCALA: 1:50 000	AÑO: 2024	PLANO: <b>V1-03</b>
--	---------------------	--------------	------------------------



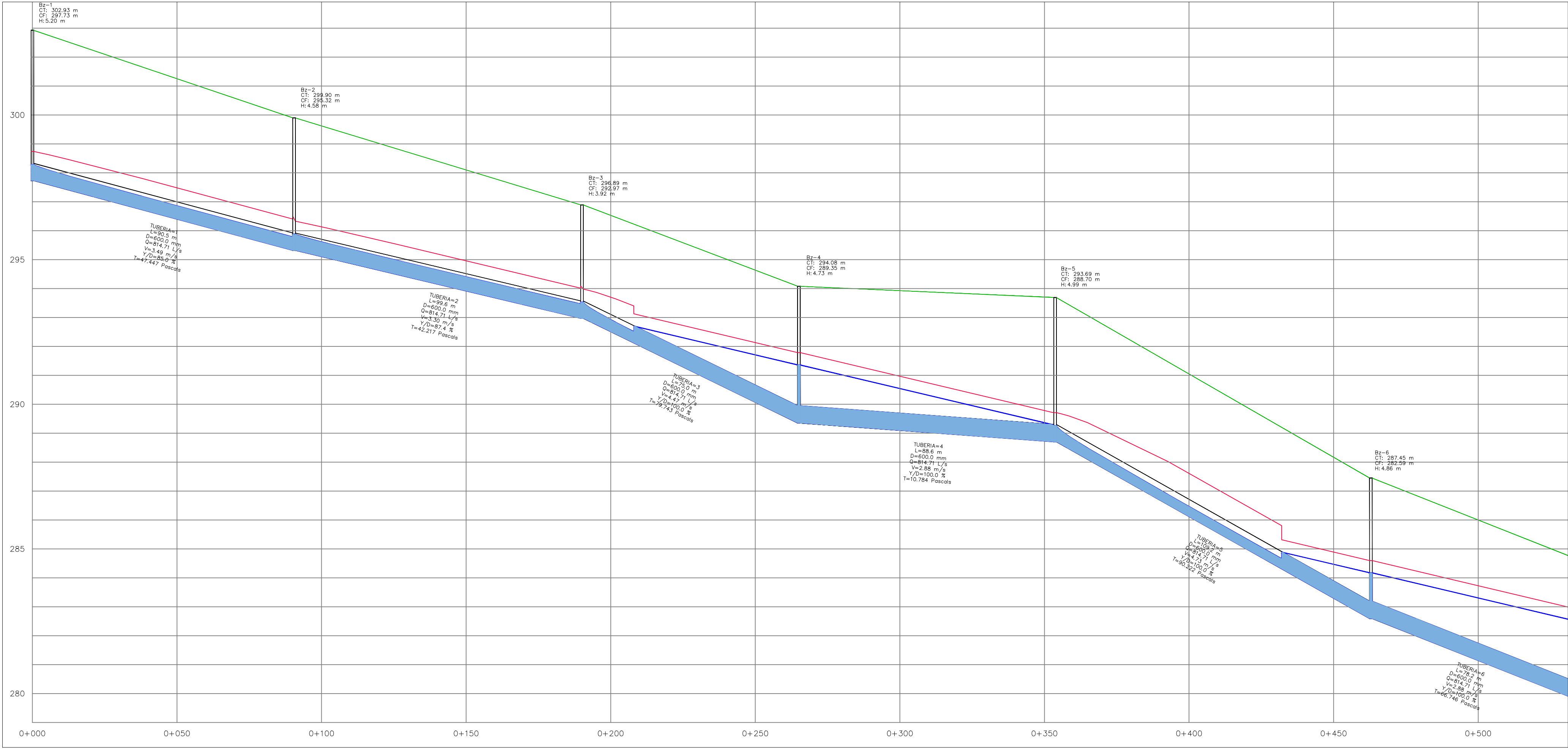


TRAMO DEL COLECTOR	Buzón de A-	DIÁMETRO (mm)	CAUDAL (L/S)	VELOCIDAD (m/s)	Y/D (%)	
TRAMO N°01	1	2	600	814.71	3.49	85.00
TRAMO N°02	2	3	600	814.71	3.30	87.40
TRAMO N°03	3	4	600	814.71	4.47	100.00
TRAMO N°04	4	5	600	814.71	2.88	100.00
TRAMO N°05	5	6	600	814.71	4.73	100.00
TRAMO N°06	6	7	600	814.71	2.88	100.00
TRAMO N°07	7	8	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°08	8	9	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°09	9	10	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°10	10	11	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°11	11	12	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°12	12	13	600	870.91	3.08	100.00
TRAMO N°13	13	14	600	927.80	3.28	100.00
TRAMO N°14	14	15	700	1094.33	2.84	100.00
TRAMO N°15	15	16	700	1094.33	2.84	100.00
TRAMO N°16	16	17	700	1094.33	2.84	100.00
TRAMO N°17	17	18	700	1094.33	2.84	100.00
TRAMO N°18	18	19	700	1094.33	2.84	100.00
TRAMO N°19	19	20	700	1363.05	3.54	100.00
TRAMO N°20	20	21	700	1363.05	3.54	100.00
TRAMO N°21	21	22	700	1363.05	3.80	100.00
TRAMO N°22	22	23	800	1363.05	3.24	82.60
TRAMO N°23	23	24	800	1363.05	3.30	88.40
TRAMO N°24	24	25	1000	1538.44	3.40	63.80
TRAMO N°25	25	26	1000	1538.44	3.13	65.70
TRAMO N°26	26	27	1000	1538.44	3.13	65.60
TRAMO N°27	27	28	1000	1538.44	3.37	73.60
TRAMO N°28	28	29	1000	1717.57	3.70	77.30
TRAMO N°29	29	30	900	1717.57	2.90	86.40
TRAMO N°30	30	31	900	1717.57	3.15	82.60
TRAMO N°31	31	32	900	1717.57	3.19	82.00
TRAMO N°32	32	33	900	1717.57	3.01	84.60
TRAMO N°33	33	34	900	1717.57	3.18	82.20
TRAMO N°34	34	35	1000	1717.57	2.91	72.90
TRAMO N°35	35	36	1000	1717.57	2.92	71.80
TRAMO N°36	36	37	1000	1717.57	2.54	77.90
TRAMO N°37	37	38	1000	1717.57	2.77	74.80
TRAMO N°38	38	39	1000	1717.57	2.81	74.10
TRAMO N°39	39	40	1000	1717.57	2.90	77.60
TRAMO N°40	40	41	1000	1717.57	2.56	79.70
TRAMO N°41	41	42	1000	1920.03	3.54	72.80
TRAMO N°42	42	43	1100	1920.03	2.83	69.10
TRAMO N°43	43	44	1100	1920.03	2.96	67.80
TRAMO N°44	44	45	1100	1920.03	2.77	69.70
TRAMO N°45	45	46	1100	1920.03	3.22	73.40
TRAMO N°46	46	47	1300	1989.59	2.21	65.10
TRAMO N°47	47	48	1300	1989.59	2.14	66.50
TRAMO N°48	48	49	1300	1989.59	2.11	67.00
TRAMO N°49	49	50	1300	1989.59	2.10	65.70
TRAMO N°50	50	51	1300	1989.59	2.21	66.70
TRAMO N°51	51	52	1300	1989.59	2.03	66.30
TRAMO N°52	52	53	1300	1989.59	2.25	66.40
TRAMO N°53	53	54	1300	1989.59	2.04	70.70

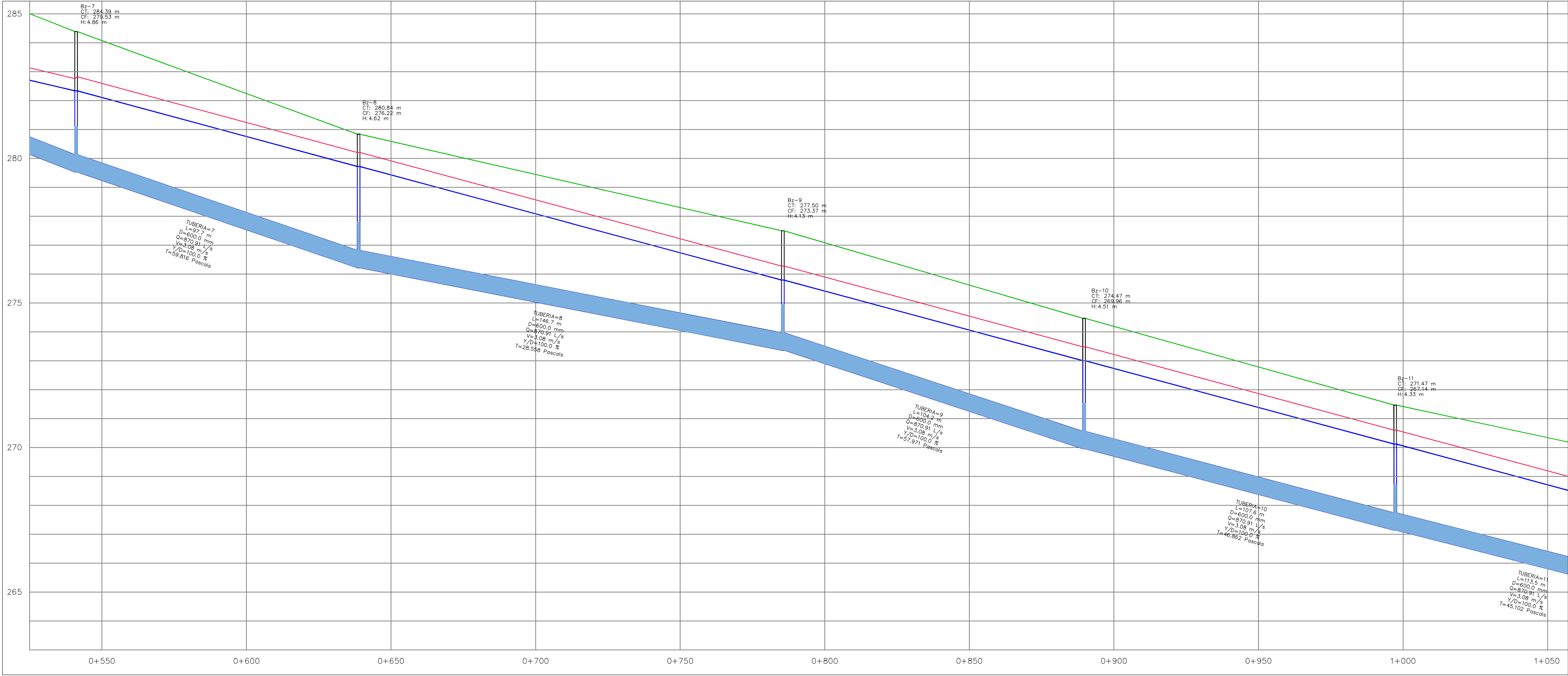
TRAMO DEL COLECTOR	Buzón de A	DIAMETRO (mm)	CAUDAL (L/S)	VELOCIDAD (m/s)	YD (%)	
TRAMO N°54	54	55	1300	2086.37	2.04	72.00
TRAMO N°55	55	56	1300	2086.37	2.03	70.70
TRAMO N°56	56	57	1300	2086.37	2.14	72.20
TRAMO N°57	57	58	1300	2134.77	2.12	75.50
TRAMO N°58	58	59	1300	2206.17	2.03	74.10
TRAMO N°59	59	60	1300	2206.17	2.14	69.30
TRAMO N°60	60	61	1300	2277.57	2.44	81.00
TRAMO N°61	61	62	1300	2277.57	1.72	93.50
TRAMO N°62	62	63	1600	2277.57	1.44	74.10
TRAMO N°63	63	64	1600	2277.57	1.13	73.10
TRAMO N°64	64	65	1600	2277.57	1.38	70.70
TRAMO N°65	65	66	1600	2277.57	1.46	67.70
TRAMO N°66	66	67	1600	2277.57	1.55	63.90
TRAMO N°67	67	68	1600	2277.57	1.39	57.90
TRAMO N°68	68	69	1600	2277.57	2.23	59.20
TRAMO N°69	69	70	1447.6	2277.57	1.75	59.80
TRAMO N°70	70	71	1447.6	2518.21	3.17	53.80
TRAMO N°71	71	72	1447.6	2518.21	3.20	53.00
TRAMO N°72	72	73	1447.6	2518.21	3.21	53.30
TRAMO N°73	73	74	1447.6	2518.21	3.21	53.00
TRAMO N°74	74	75	1447.6	2518.21	4.88	69.20
TRAMO N°75	75	76	1100	2567.15	2.70	93.00
TRAMO N°76	76	77	1100	2567.15	3.00	79.30
TRAMO N°77	77	78	1200	2567.15	3.21	70.40
TRAMO N°78	78	79	1200	2567.15	3.48	69.20
TRAMO N°79	79	80	1200	2567.15	2.98	74.20
TRAMO N°80	80	81	1200	2628.92	3.23	91.80
TRAMO N°81	81	82	1300	2628.92	1.98	84.00
TRAMO N°82	82	83	1300	2628.92	3.45	69.00
TRAMO N°83	83	84	1200	2628.92	3.42	69.40
TRAMO N°84	84	85	1200	2628.92	3.18	61.00
TRAMO N°85	85	86	1300	2680.30	3.41	62.60
TRAMO N°86	86	87	1300	2680.30	3.31	73.70
TRAMO N°87	87	88	1300	2731.68	2.06	74.00
TRAMO N°88	88	89	1300	2731.68	3.81	69.90
TRAMO N°89	89	90	1300	2731.68	2.89	78.20
TRAMO N°90	90	91	1050	2731.68	3.15	100.00
TRAMO N°91	91	92	1050	2731.68	3.15	100.00
TRAMO N°92	92	93	1200	2731.68	3.48	86.80
TRAMO N°93	93	94	1200	2757.37	3.25	100.00
TRAMO N°94	94	95	1200	2757.37	2.44	100.00
TRAMO N°95	95	96	1200	2757.37	2.44	100.00
TRAMO N°96	96	97	1200	2757.37	3.11	75.50
TRAMO N°97	97	98	1200	2757.37	2.96	76.60
TRAMO N°98	98	99	1200	2777.93	3.27	76.50
TRAMO N°99	99	100	1000	2777.93	2.58	100.00
TRAMO N°100	100	101	1100	2777.93	2.92	100.00
TRAMO N°101	101	102	1000	2777.93	3.34	100.00
TRAMO N°102	102	103	1000	2777.93	3.34	89.80
TRAMO N°103	103	104	1000	2777.93	3.71	91.20
TRAMO N°104	104	105	1000	2777.93	4.69	81.20
TRAMO N°105	105	106	1000	2777.93	4.80	80.40



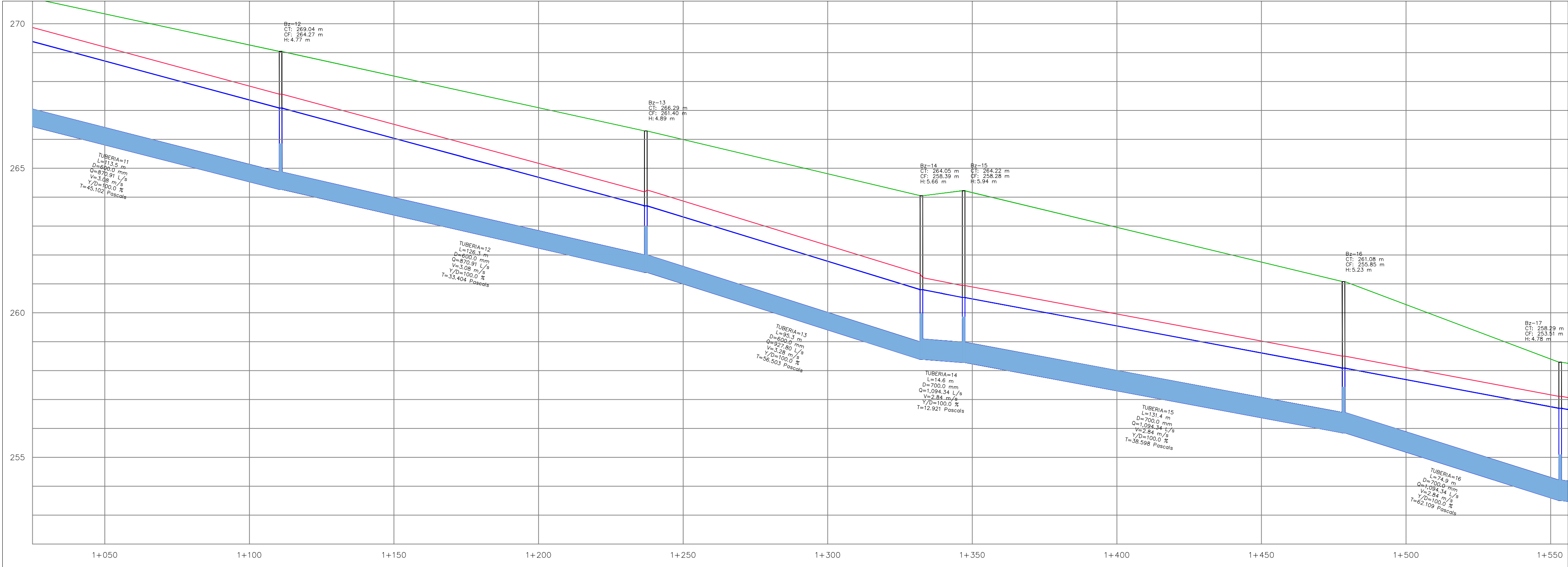
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (0+000 - 0+500)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (0+550 - 1+050)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (1+050 - 1+550)



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	—
RASANTE DEL PAVIMENTO	—
ENERGÍA DE PRESIÓN	—
ENERGÍA ESPECÍFICA	—
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—

DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS
L: Longitud del tramo
D: Diámetro de la tubería
Q: Caudal
V: Velocidad del flujo
Y/D: Relación tirante - diámetro
T: Tensión tractiva media
Bz: Buzón
CT: Cota de tapa de buzón
CF: Cota de fondo de buzón
H: Profundidad de buzón

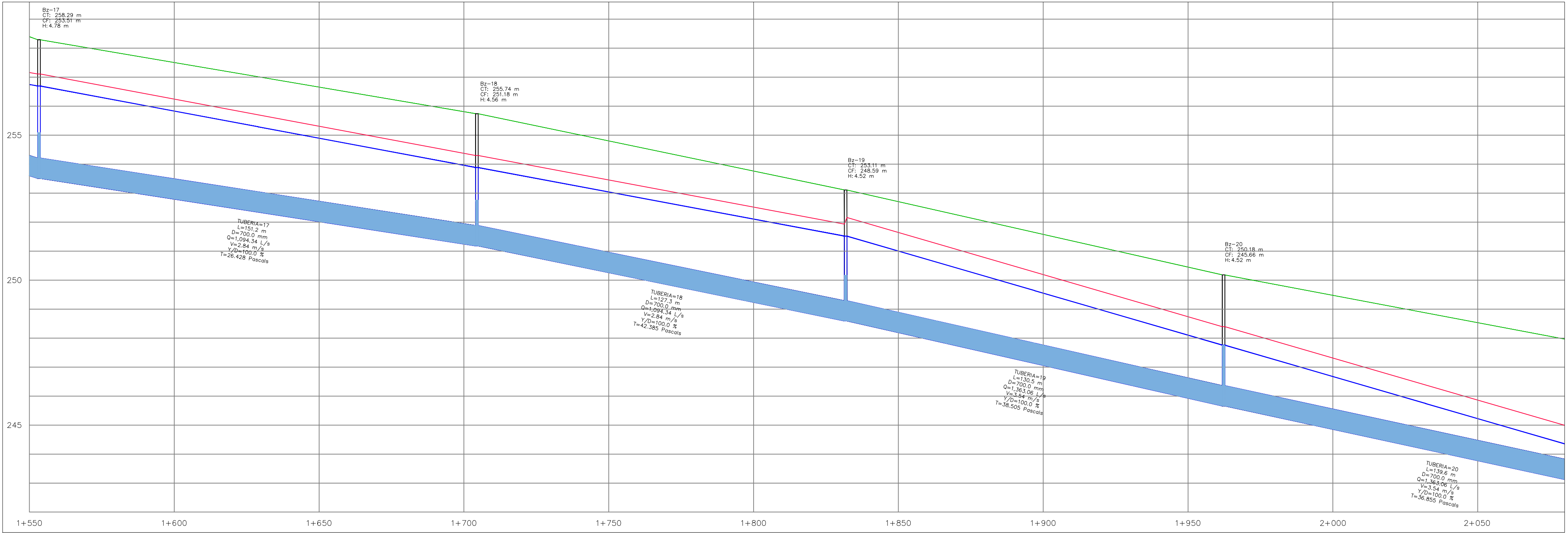


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

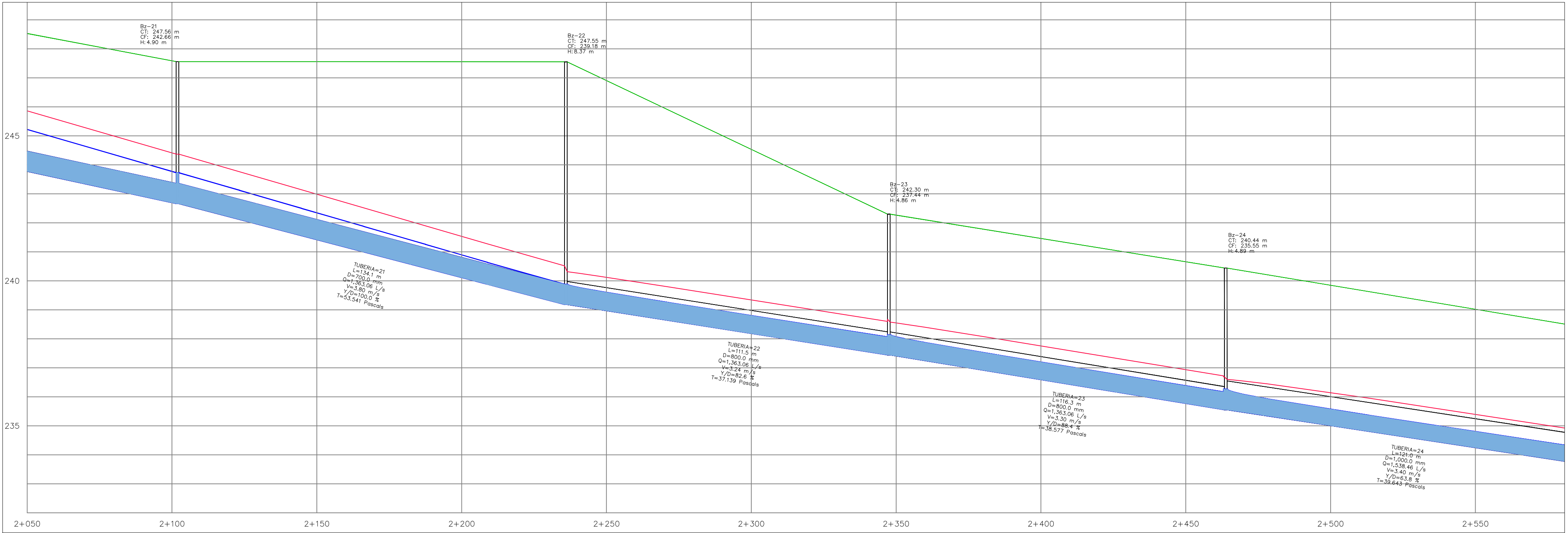
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:	ESCALA:	AÑO:	PLANO:
JEAN EDDIE BASURTO SOTO	1:1 000	2024	PH-01

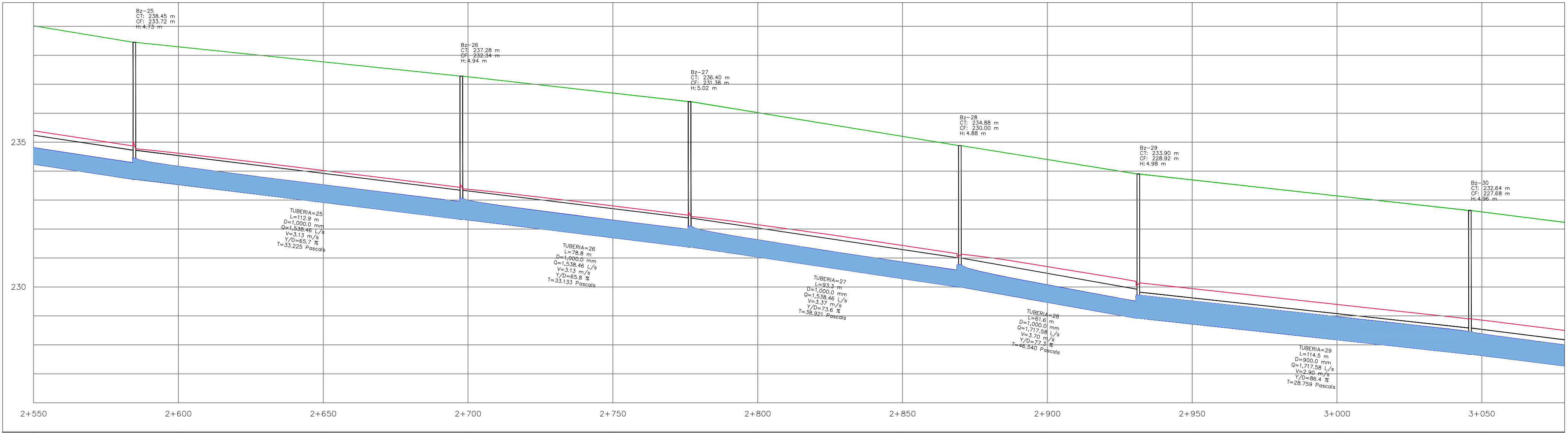
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (1+550 - 2+050)



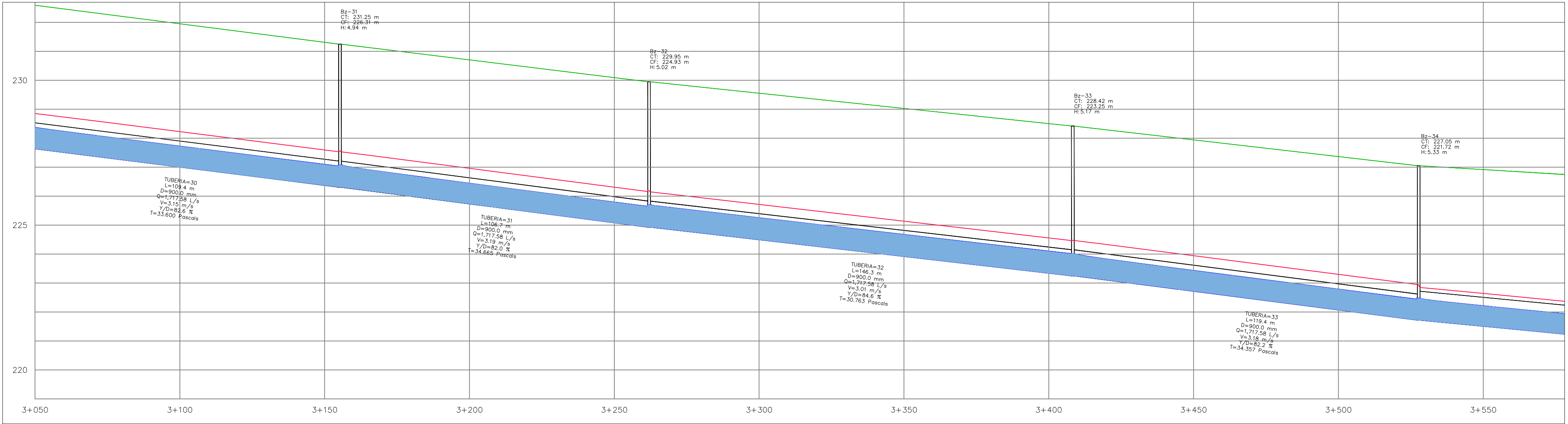
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (2+050 - 2+550)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (2+550 - 3+050)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (3+050 - 3+550)



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	—
RASANTE DEL PAVIMENTO	—
ENERGÍA DE PRESIÓN	—
ENERGÍA ESPECÍFICA	—
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—

DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS
L: Longitud del tramo
D: Diámetro de la tubería
Q: Caudal
V: Velocidad del flujo
Y/D: Relación tirante - diámetro
T: Tensión tractiva media
Bz: Buzón
CT: Cota de tapa de buzón
CF: Cota de fondo de buzón
H: Profundidad de buzón



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

**PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE**

ELABORADO: JEAN EDDIE BASURTO SOTO

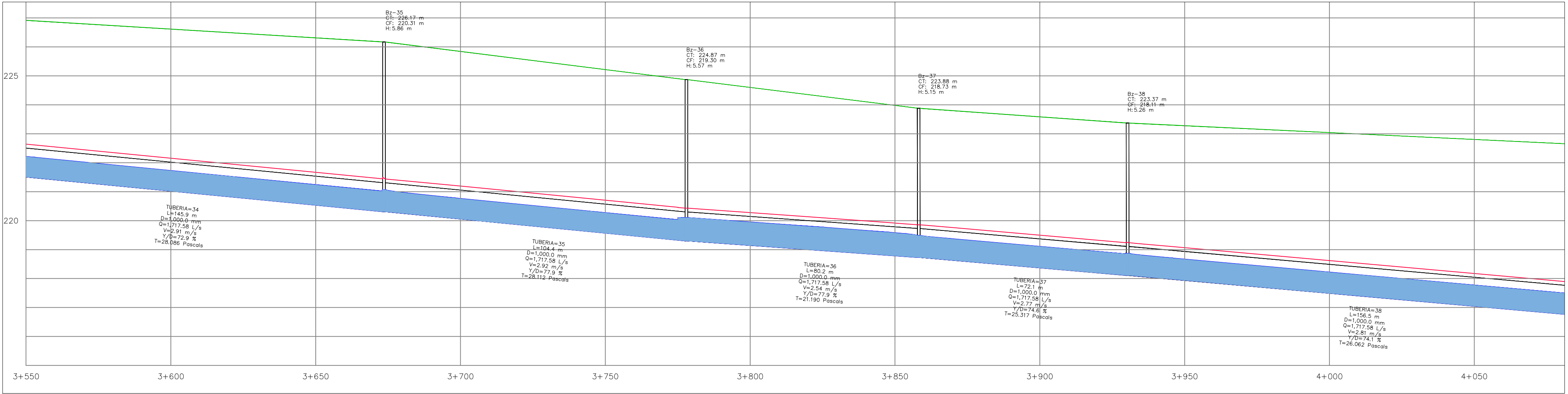
ESCALA: 1:1 000

AÑO: 2024

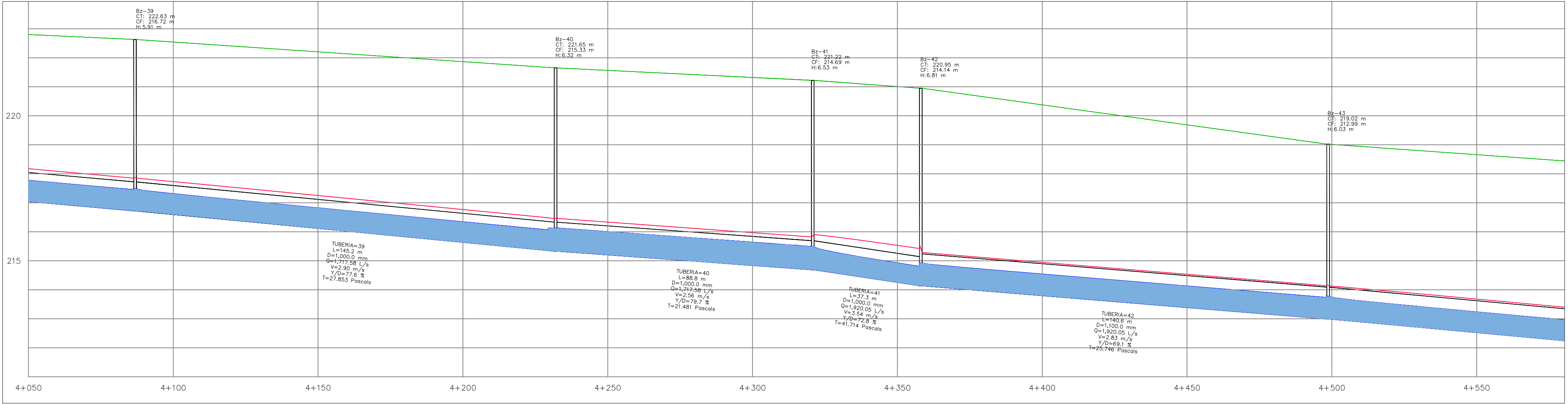
PLANO: PH-02



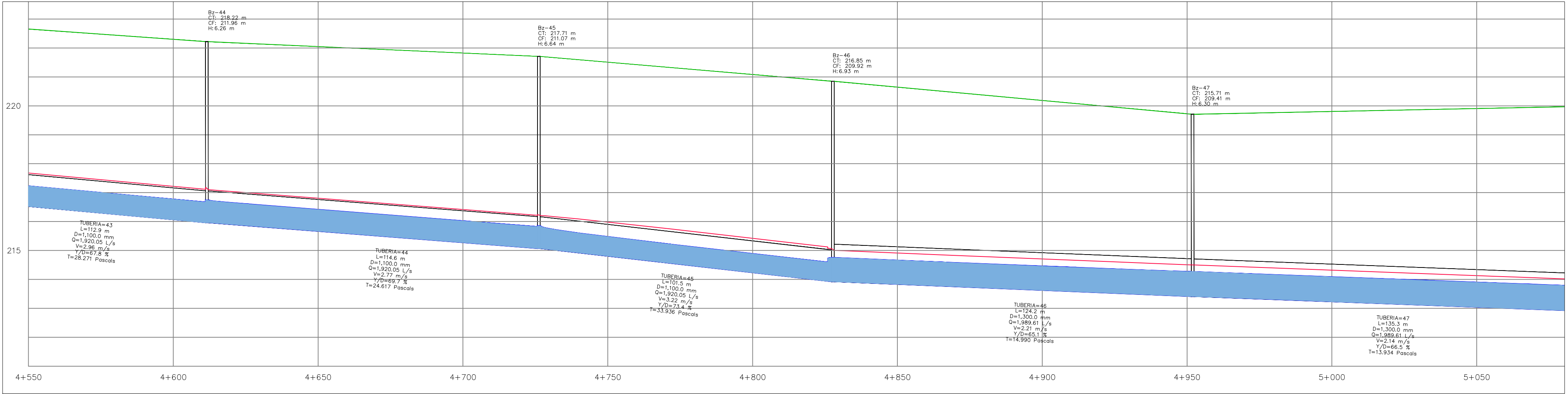
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (3+550 - 4+050)



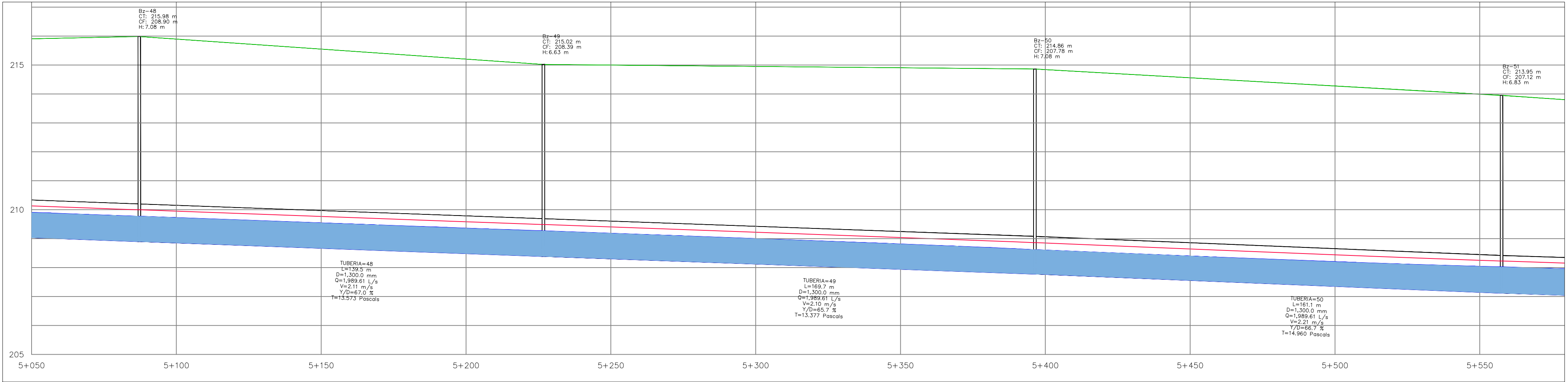
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (4+050 - 4+550)



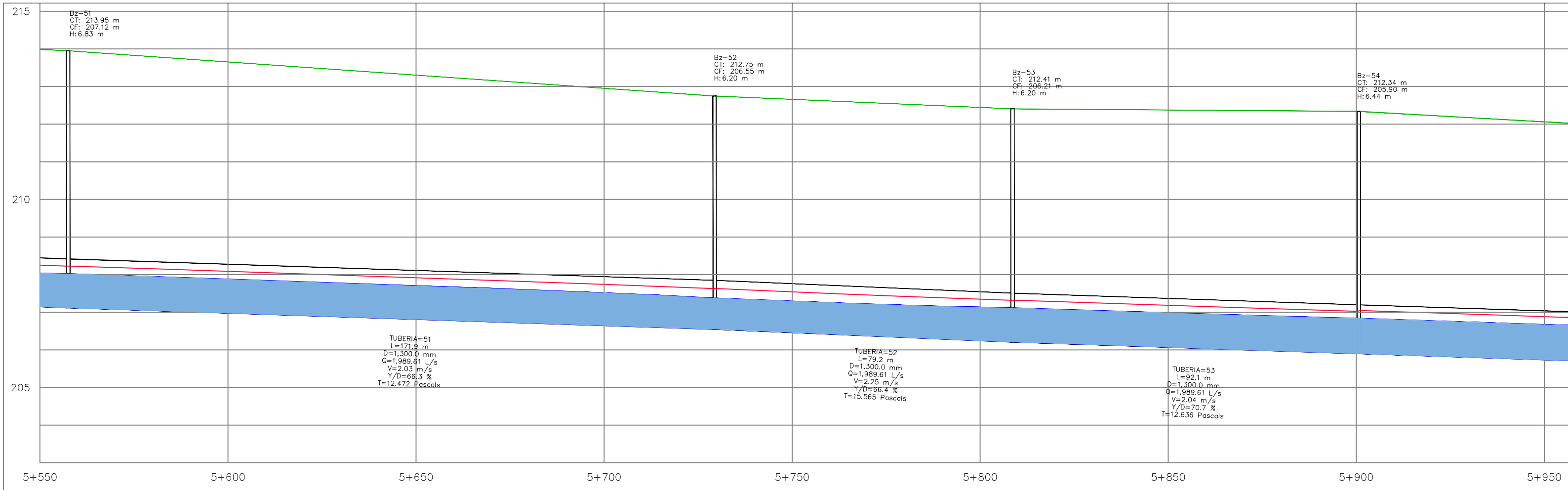
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (4+550 - 5+050)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (5+050 - 5+550)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (5+550 - 5+950)



DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS

L: Longitud del tramo  
D: Diámetro de la tubería  
Q: Caudal  
V: Velocidad del flujo  
Y/D: Relación tramo - diámetro  
T: Tensión tractiva media  
Bz: Buzón  
CT: Cota de tapa de buzón  
CF: Cota de fondo de buzón  
H: Profundidad de buzón

LEYENDA

DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	
RASANTE DEL PAVIMENTO	
ENERGÍA DE PRESIÓN	
ENERGÍA ESPECÍFICA	
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	

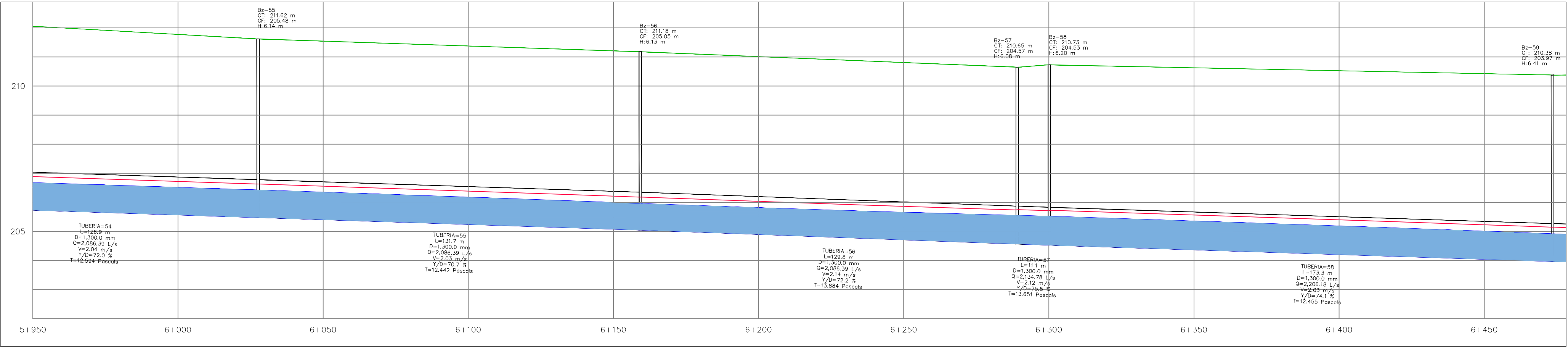


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

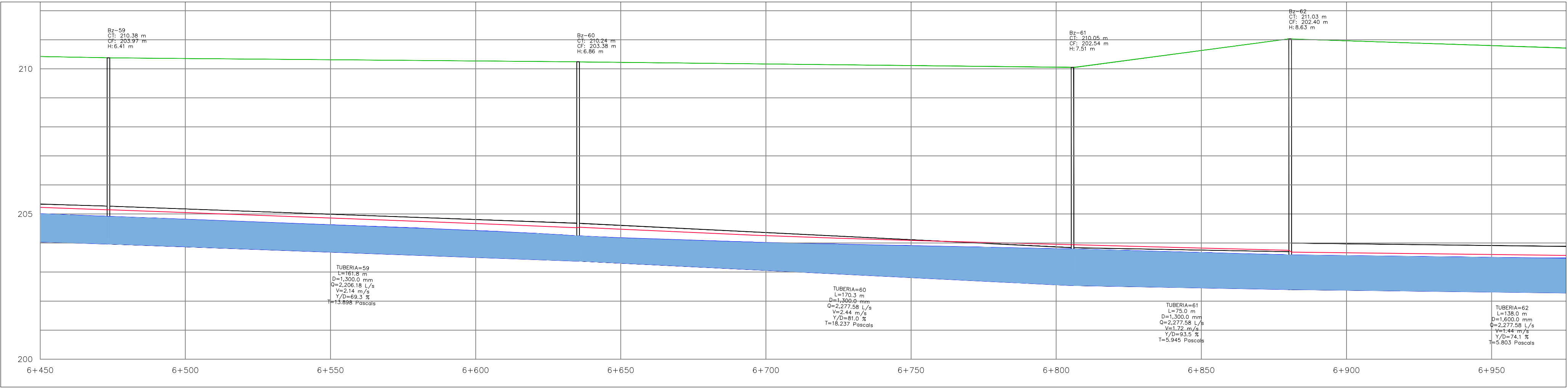
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:	JEAN EDDIE BASURTO SOTO	ESCALA:	1:1 000	AÑO:	2024	PLANO:	PH-03
------------	-------------------------	---------	---------	------	------	--------	-------

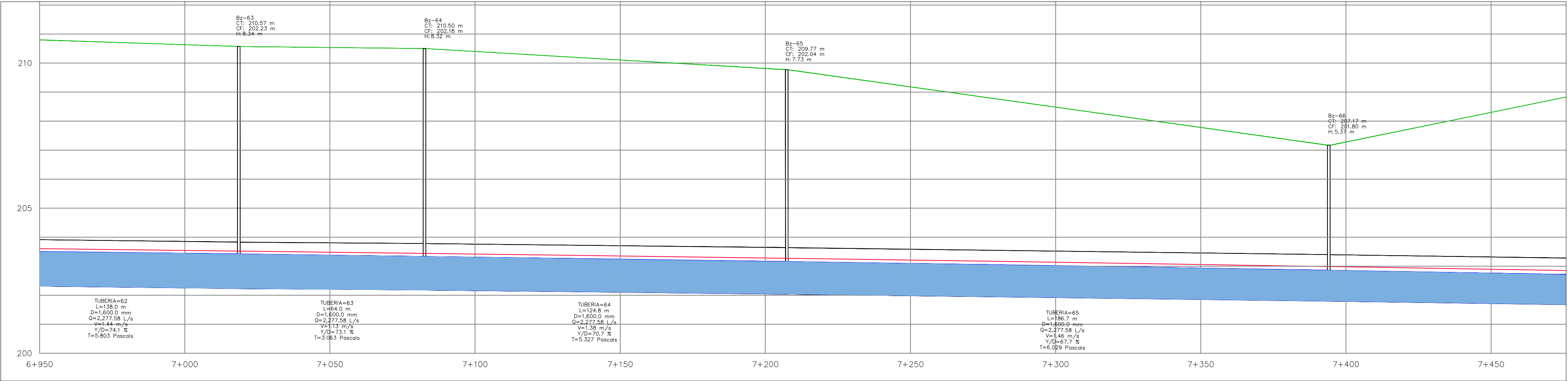
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (5+950 - 6+450)



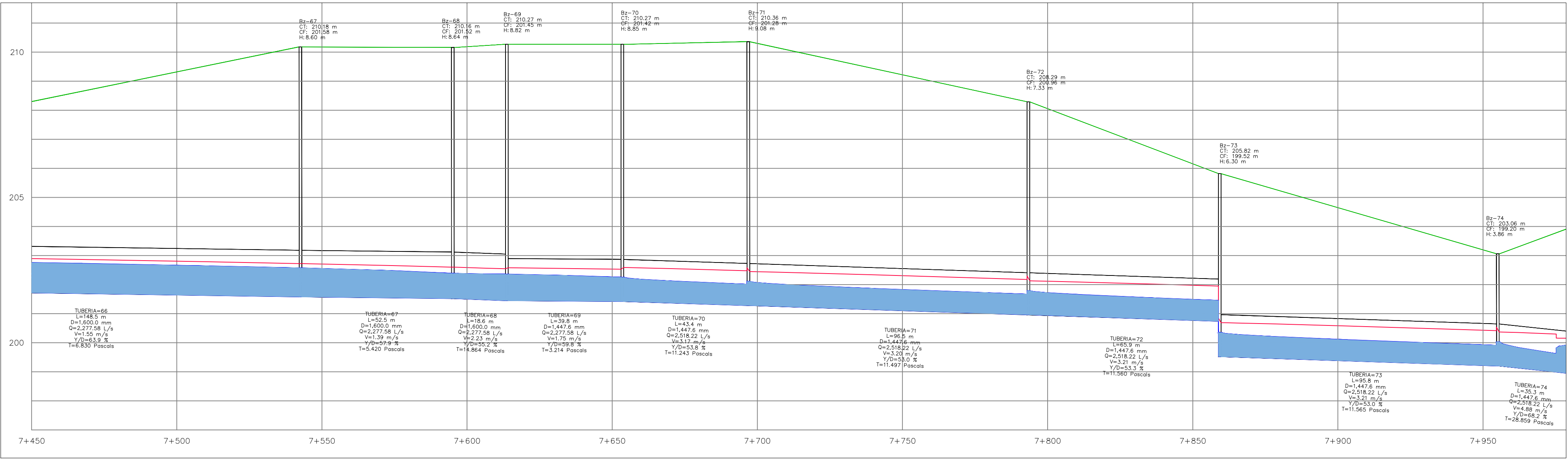
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (6+450 - 6+950)



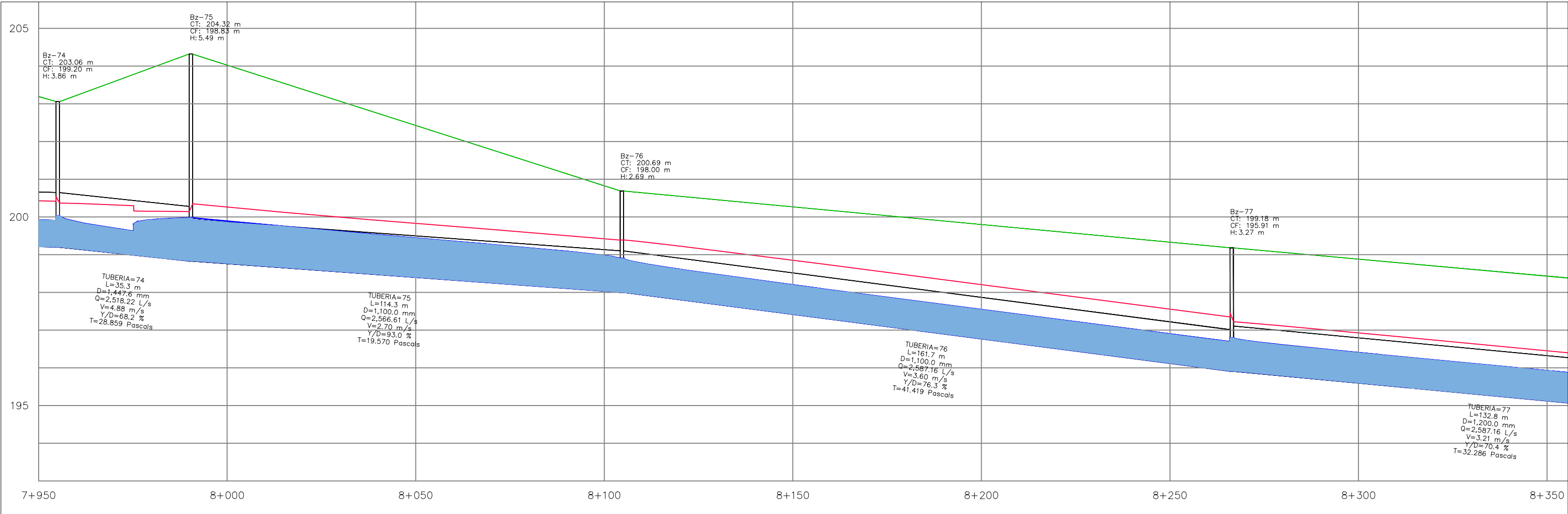
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (6+950 - 7+450)








PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (7+450 - 7+950)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (7+950 - 8+350)



DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS
L: Longitud del tramo
D: Diámetro de la tubería
Q: Caudal
V: Velocidad del flujo
Y/D: Relación tirante - diámetro
T: Tensión tractiva media
Bz: Buzón
CT: Cota de tapa de buzón
CF: Cota de fondo de buzón
H: Profundidad de buzón

LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	
RASANTE DEL PAVIMENTO	
ENERGÍA DE PRESIÓN	
ENERGÍA ESPECÍFICA	
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

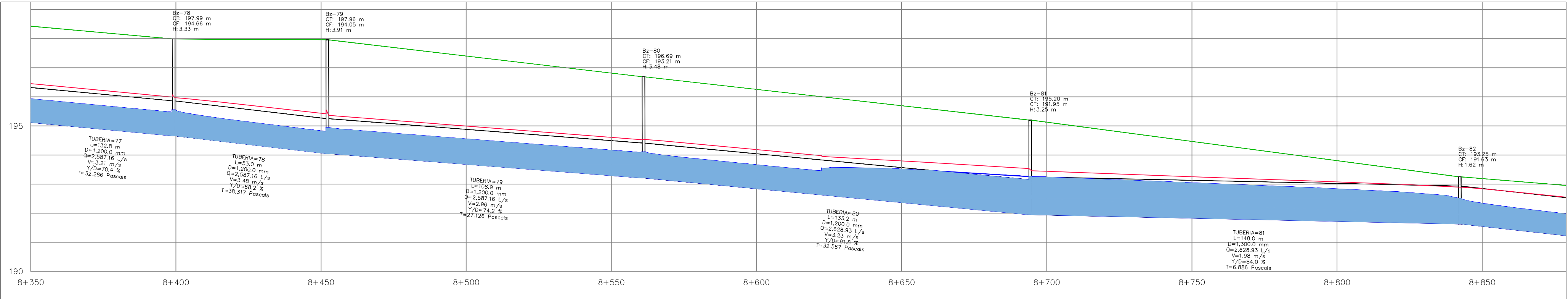
ESCALA:  
1:1 000

AÑO:  
2024

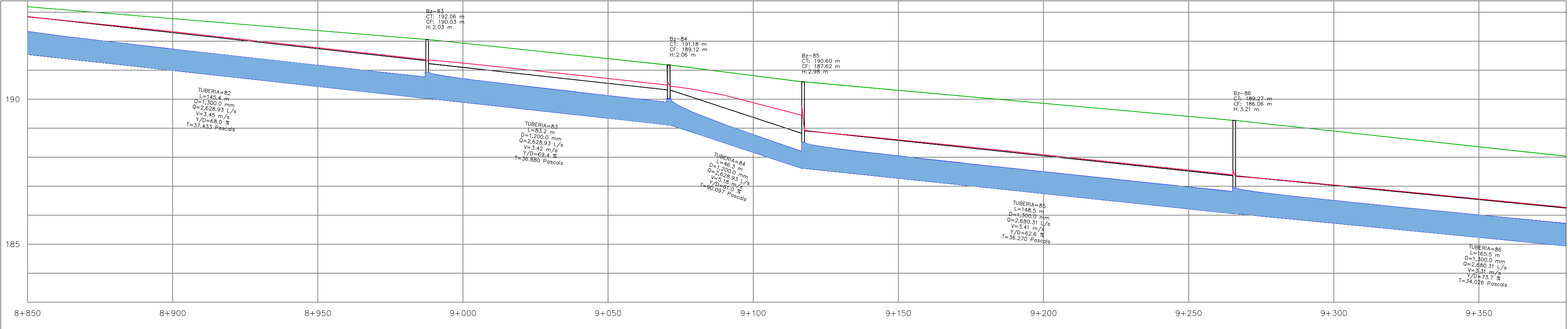
PLANO:  
PH-04



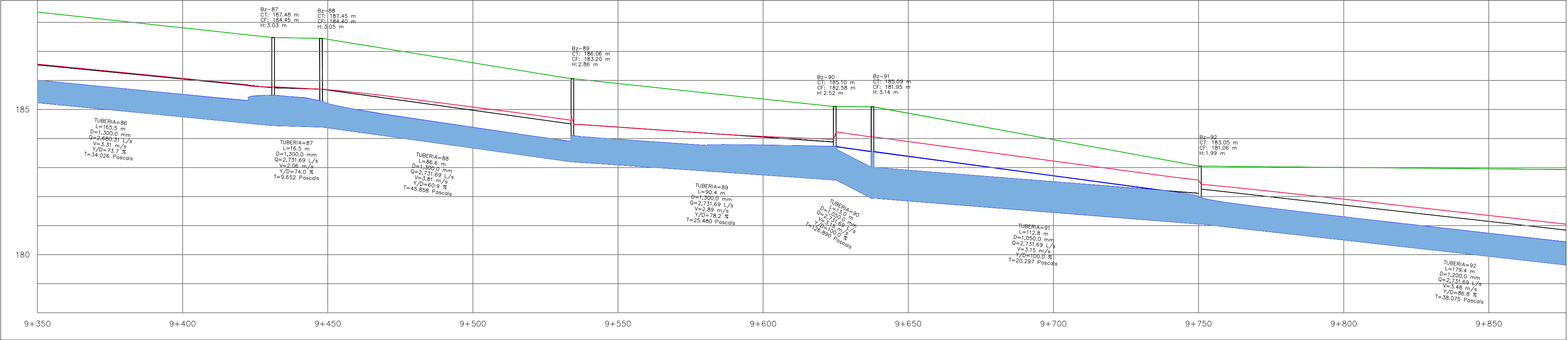
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (8+350 - 8+850)



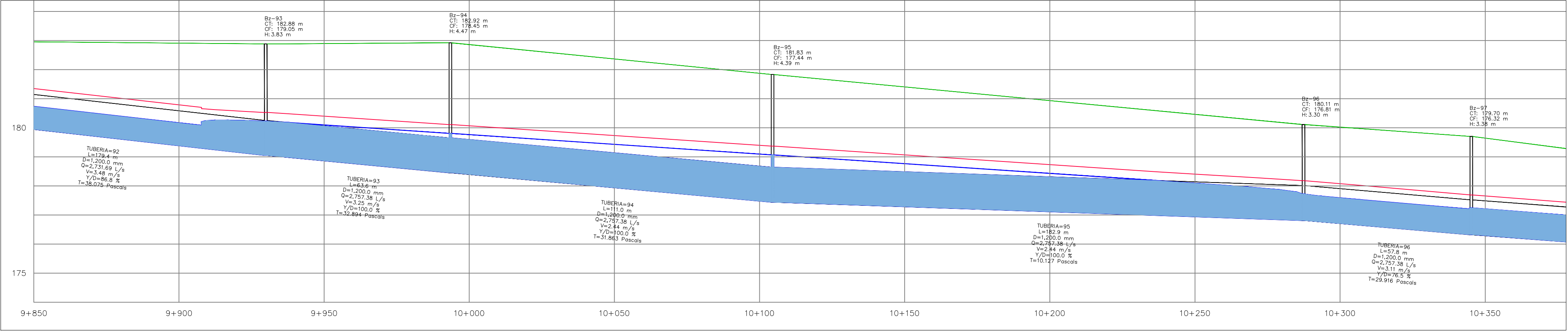
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (8+850 - 9+350)



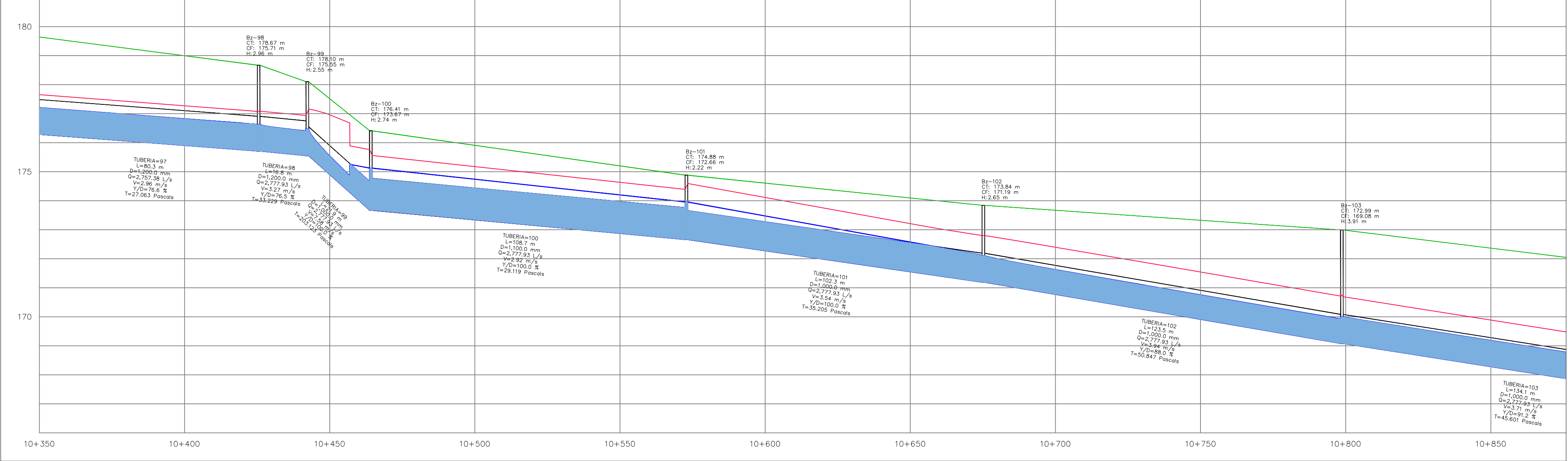
PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (9+350 - 9+850)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (9+850 - 10+350)



PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (10+350 - 10+850)



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	—
RASANTE DEL PAVIMENTO	—
ENERGÍA DE PRESIÓN	—
ENERGÍA ESPECÍFICA	—
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	—

DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS
L: Longitud del tramo
D: Diámetro de la tubería
Q: Caudal
V: Velocidad del flujo
T: Tensión tractiva media
Bz: Buzón
CT: Cota de tapa de buzón
CF: Cota de fondo de buzón
H: Profundidad de buzón

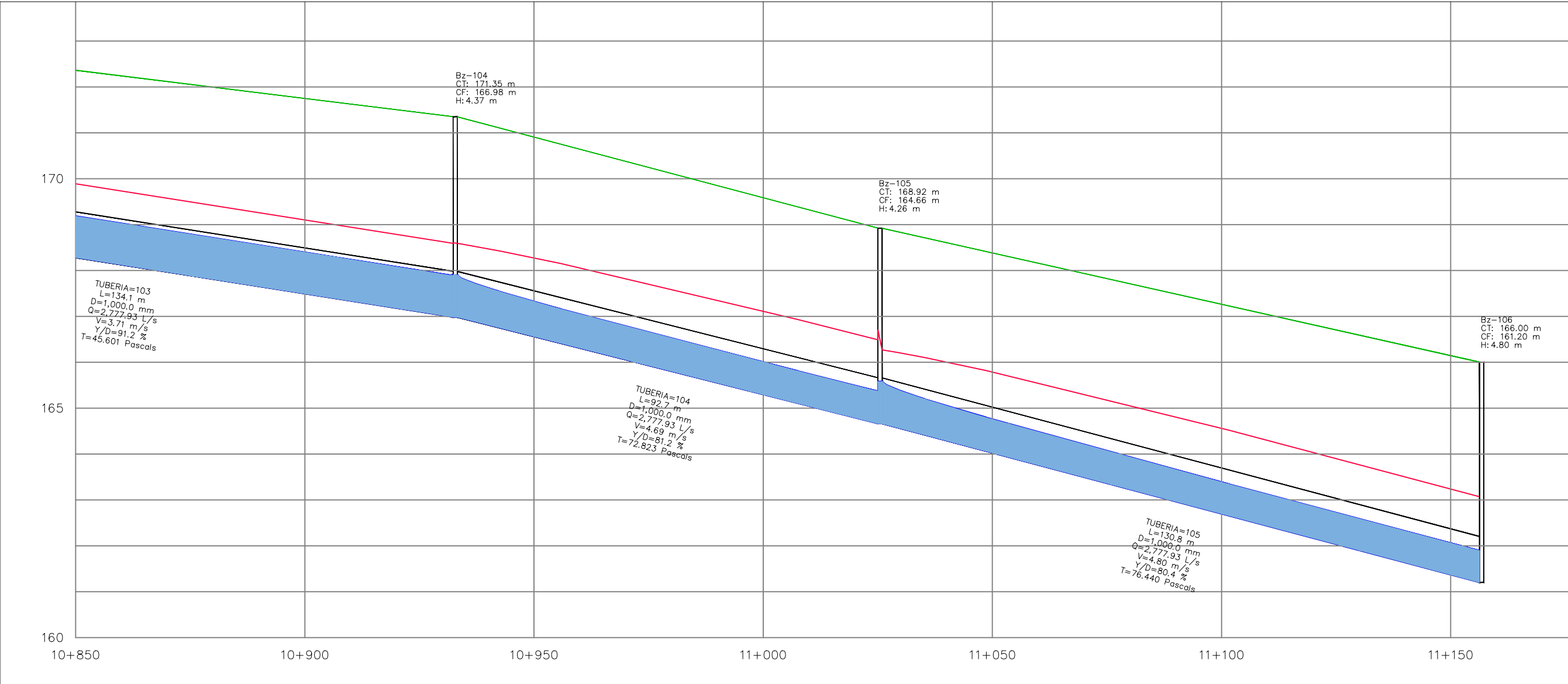


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:	ESCALA:	AÑO:	PLANO:
JEAN EDDIE BASURTO SOTO	1:1 000	2024	PH-05

PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE (10+850 - 11+150)



LEYENDA	
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
COLECTOR CANTO GRANDE	—
RASANTE DEL PAVIMENTO	—
ENERGÍA DE PRESIÓN	—
ENERGÍA ESPECÍFICA	—
AGUA RESIDUAL DENTRO DEL COLECTOR CANTO GRANDE	
BUZÓN DEL COLECTOR CANTO GRANDE	□

DESCRIPCIÓN DE SÍMBOLOS
L: Longitud del tramo
D: Diámetro de la tubería
Q: Caudal
V: Velocidad del flujo
Y/D: Relación tirante - diámetro
T: Tensión tractiva media
Bz: Buzón
CT: Cota de tapa de buzón
CF: Cota de fondo de buzón
H: Profundidad de buzón



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

PERFIL HIDRÁULICO DEL COLECTOR CANTO GRANDE

ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

ESCALA:  
1:1 000

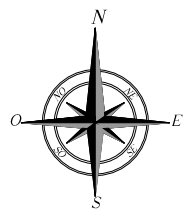
AÑO:  
2024

PLANO:  
**PH-06**

## **ANEXO N°11:**

Mapa de vulnerabilidad del  
colector canto grande frente a la  
amenaza sismo





SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO

NIVEL DE VULNERABILIDAD		
MUY ALTO	$0.260 \leq V \leq 0.503$	
ALTO	$0.134 \leq V < 0.260$	
MEDIO	$0.068 \leq V < 0.134$	
BAJO	$0.035 \leq V < 0.068$	

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DE LA VULNERABILIDAD	NIVEL DE LA VULNERABILIDAD	COLOR
1	2	TRAMO N°1	0.282	MUY ALTO
2	3	TRAMO N°2	0.282	MUY ALTO
3	4	TRAMO N°3	0.323	MUY ALTO
4	5	TRAMO N°4	0.323	MUY ALTO
5	6	TRAMO N°5	0.323	MUY ALTO
6	7	TRAMO N°6	0.323	MUY ALTO
7	8	TRAMO N°7	0.323	MUY ALTO
8	9	TRAMO N°8	0.323	MUY ALTO
9	10	TRAMO N°9	0.323	MUY ALTO
10	11	TRAMO N°10	0.323	MUY ALTO
11	12	TRAMO N°11	0.323	MUY ALTO
12	13	TRAMO N°12	0.323	MUY ALTO
13	14	TRAMO N°13	0.323	MUY ALTO
14	15	TRAMO N°14	0.323	MUY ALTO
15	16	TRAMO N°15	0.323	MUY ALTO
16	17	TRAMO N°16	0.323	MUY ALTO
17	18	TRAMO N°17	0.323	MUY ALTO
18	19	TRAMO N°18	0.323	MUY ALTO
19	20	TRAMO N°19	0.323	MUY ALTO
20	21	TRAMO N°20	0.323	MUY ALTO
21	22	TRAMO N°21	0.323	MUY ALTO
22	23	TRAMO N°22	0.282	MUY ALTO
23	24	TRAMO N°23	0.282	MUY ALTO
24	25	TRAMO N°24	0.252	ALTO
25	26	TRAMO N°25	0.252	ALTO
26	27	TRAMO N°26	0.252	ALTO
27	28	TRAMO N°27	0.252	ALTO
28	29	TRAMO N°28	0.261	MUY ALTO
29	30	TRAMO N°29	0.282	MUY ALTO
30	31	TRAMO N°30	0.282	MUY ALTO
31	32	TRAMO N°31	0.282	MUY ALTO
32	33	TRAMO N°32	0.282	MUY ALTO
33	34	TRAMO N°33	0.282	MUY ALTO
34	35	TRAMO N°34	0.252	ALTO
35	36	TRAMO N°35	0.261	MUY ALTO
36	37	TRAMO N°36	0.261	MUY ALTO
37	38	TRAMO N°37	0.252	ALTO
38	39	TRAMO N°38	0.252	ALTO
39	40	TRAMO N°39	0.261	MUY ALTO
40	41	TRAMO N°40	0.261	MUY ALTO
41	42	TRAMO N°41	0.252	ALTO
42	43	TRAMO N°42	0.252	ALTO
43	44	TRAMO N°43	0.252	ALTO
44	45	TRAMO N°44	0.252	ALTO
45	46	TRAMO N°45	0.252	ALTO
46	47	TRAMO N°46	0.252	ALTO
47	48	TRAMO N°47	0.252	ALTO
48	49	TRAMO N°48	0.252	ALTO
49	50	TRAMO N°49	0.252	ALTO
50	51	TRAMO N°50	0.252	ALTO
51	52	TRAMO N°51	0.252	ALTO
52	53	TRAMO N°52	0.252	ALTO
53	54	TRAMO N°53	0.252	ALTO

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DE LA VULNERABILIDAD	NIVEL DE LA VULNERABILIDAD	COLOR	
54	55	TRAMO N°54	0.252	ALTO	
55	56	TRAMO N°55	0.252	ALTO	
56	57	TRAMO N°56	0.252	ALTO	
57	58	TRAMO N°57	0.261	MUY ALTO	
58	59	TRAMO N°58	0.252	ALTO	
59	60	TRAMO N°59	0.252	ALTO	
60	61	TRAMO N°60	0.282	MUY ALTO	
61	62	TRAMO N°61	0.323	MUY ALTO	
62	63	TRAMO N°62	0.252	ALTO	
63	64	TRAMO N°63	0.252	ALTO	
64	65	TRAMO N°64	0.252	ALTO	
65	66	TRAMO N°65	0.252	ALTO	
66	67	TRAMO N°66	0.252	ALTO	
67	68	TRAMO N°67	0.252	ALTO	
68	69	TRAMO N°68	0.252	ALTO	
69	70	TRAMO N°69	0.149	ALTO	
70	71	TRAMO N°70	0.149	ALTO	
71	72	TRAMO N°71	0.149	ALTO	
72	73	TRAMO N°72	0.149	ALTO	
73	74	TRAMO N°73	0.149	ALTO	
74	75	TRAMO N°74	0.149	ALTO	
75	76	TRAMO N°75	0.323	MUY ALTO	
76	77	TRAMO N°76	0.261	MUY ALTO	
77	78	TRAMO N°77	0.252	ALTO	
78	79	TRAMO N°78	0.252	ALTO	
79	80	TRAMO N°79	0.252	ALTO	
80	81	TRAMO N°80	0.323	MUY ALTO	
81	82	TRAMO N°81	0.282	MUY ALTO	
82	83	TRAMO N°82	0.252	ALTO	
83	84	TRAMO N°83	0.252	ALTO	
84	85	TRAMO N°84	0.316	MUY ALTO	
85	86	TRAMO N°85	0.252	ALTO	
86	87	TRAMO N°86	0.252	ALTO	
87	88	TRAMO N°87	0.252	ALTO	
88	89	TRAMO N°88	0.252	ALTO	
89	90	TRAMO N°89	0.261	MUY ALTO	
90	91	TRAMO N°90	0.323	MUY ALTO	
91	92	TRAMO N°91	0.323	MUY ALTO	
92	93	TRAMO N°92	0.282	MUY ALTO	
93	94	TRAMO N°93	0.323	MUY ALTO	
94	95	TRAMO N°94	0.323	MUY ALTO	
95	96	TRAMO N°95	0.323	MUY ALTO	
96	97	TRAMO N°96	0.261	MUY ALTO	
97	98	TRAMO N°97	0.261	MUY ALTO	
98	99	TRAMO N°98	0.261	MUY ALTO	
99	100	TRAMO N°99	0.387	MUY ALTO	
100	101	TRAMO N°100	0.323	MUY ALTO	
101	102	TRAMO N°101	0.323	MUY ALTO	
102	103	TRAMO N°102	0.282	MUY ALTO	
103	104	TRAMO N°103	0.323	MUY ALTO	
104	105	TRAMO N°104	0.282	MUY ALTO	
105	106	TRAMO N°105	0.282	MUY ALTO	



## **ANEXO N°12:**

### Jerarquización del riesgo

## Jerarquización del riesgo

El riesgo se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = AxV$$

Entonces:

NIVEL DE RIESGO									
NIVEL	NIVEL DE AMENAZA			NIVEL DE VULNERABILIDAD			VALOR		
MUY ALTO	0.260	$\leq A \leq$	0.503	0.260	$\leq V \leq$	0.503	0.068	$\leq R \leq$	0.253
ALTO	0.134	$\leq A <$	0.260	0.134	$\leq V <$	0.260	0.018	$\leq R <$	0.068
MEDIO	0.068	$\leq A <$	0.134	0.068	$\leq V <$	0.134	0.005	$\leq R <$	0.018
BAJO	0.035	$\leq A <$	0.068	0.035	$\leq V <$	0.068	0.001	$\leq R <$	0.005

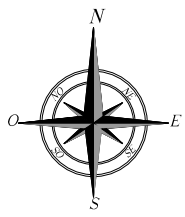
Cuadro de Jerarquización del Riesgo

NIVEL DE RIESGO			
MUY ALTO	0.068	$\leq R \leq$	0.253
ALTO	0.018	$\leq R <$	0.068
MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005

## **ANEXO N°13:**

Mapa de riesgo del Colector  
Canto Grande frente a la  
amenaza sismo





SAN JUAN DE LURIGANCHO  
RED ALCANTARILLADO

NIVEL DE RIESGO			
MUY ALTO	0.068	$\leq R \leq$	0.253
ALTO	0.018	$\leq R <$	0.068
MEDIO	0.005	$\leq R <$	0.018
BAJO	0.001	$\leq R <$	0.005

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DEL RIESGO	NIVEL DEL RIESGO	COLOR
1 2	TRAMO N°1	0.058	ALTO	
2 3	TRAMO N°2	0.058	ALTO	
3 4	TRAMO N°3	0.067	ALTO	
4 5	TRAMO N°4	0.067	ALTO	
5 6	TRAMO N°5	0.067	ALTO	
6 7	TRAMO N°6	0.067	ALTO	
7 8	TRAMO N°7	0.067	ALTO	
8 9	TRAMO N°8	0.067	ALTO	
9 10	TRAMO N°9	0.067	ALTO	
10 11	TRAMO N°10	0.067	ALTO	
11 12	TRAMO N°11	0.067	ALTO	
12 13	TRAMO N°12	0.067	ALTO	
13 14	TRAMO N°13	0.067	ALTO	
14 15	TRAMO N°14	0.067	ALTO	
15 16	TRAMO N°15	0.067	ALTO	
16 17	TRAMO N°16	0.067	ALTO	
17 18	TRAMO N°17	0.067	ALTO	
18 19	TRAMO N°18	0.067	ALTO	
19 20	TRAMO N°19	0.067	ALTO	
20 21	TRAMO N°20	0.067	ALTO	
21 22	TRAMO N°21	0.067	ALTO	
22 23	TRAMO N°22	0.058	ALTO	
23 24	TRAMO N°23	0.058	ALTO	
24 25	TRAMO N°24	0.052	ALTO	
25 26	TRAMO N°25	0.061	ALTO	
26 27	TRAMO N°26	0.061	ALTO	
27 28	TRAMO N°27	0.061	ALTO	
28 29	TRAMO N°28	0.063	ALTO	
29 30	TRAMO N°29	0.068	MUY ALTO	
30 31	TRAMO N°30	0.068	MUY ALTO	
31 32	TRAMO N°31	0.068	MUY ALTO	
32 33	TRAMO N°32	0.068	MUY ALTO	
33 34	TRAMO N°33	0.068	MUY ALTO	
34 35	TRAMO N°34	0.061	ALTO	
35 36	TRAMO N°35	0.063	ALTO	
36 37	TRAMO N°36	0.063	ALTO	
37 38	TRAMO N°37	0.061	ALTO	
38 39	TRAMO N°38	0.061	ALTO	
39 40	TRAMO N°39	0.063	ALTO	
40 41	TRAMO N°40	0.063	ALTO	
41 42	TRAMO N°41	0.061	ALTO	
42 43	TRAMO N°42	0.061	ALTO	
43 44	TRAMO N°43	0.061	ALTO	
44 45	TRAMO N°44	0.061	ALTO	
45 46	TRAMO N°45	0.061	ALTO	
46 47	TRAMO N°46	0.061	ALTO	
47 48	TRAMO N°47	0.061	ALTO	
48 49	TRAMO N°48	0.061	ALTO	
49 50	TRAMO N°49	0.061	ALTO	
50 51	TRAMO N°50	0.061	ALTO	
51 52	TRAMO N°51	0.061	ALTO	
52 53	TRAMO N°52	0.052	ALTO	
53 54	TRAMO N°53	0.052	ALTO	

BUZÓN DE - A	TRAMO DEL COLECTOR	VALOR DEL RIESGO	NIVEL DEL RIESGO	COLOR
54 55	TRAMO N°54	0.052	ALTO	
55 56	TRAMO N°55	0.052	ALTO	
56 57	TRAMO N°56	0.052	ALTO	
57 58	TRAMO N°57	0.054	ALTO	
58 59	TRAMO N°58	0.052	ALTO	
59 60	TRAMO N°59	0.052	ALTO	
60 61	TRAMO N°60	0.058	ALTO	
61 62	TRAMO N°61	0.067	ALTO	
62 63	TRAMO N°62	0.052	ALTO	
63 64	TRAMO N°63	0.052	ALTO	
64 65	TRAMO N°64	0.052	ALTO	
65 66	TRAMO N°65	0.052	ALTO	
66 67	TRAMO N°66	0.052	ALTO	
67 68	TRAMO N°67	0.052	ALTO	
68 69	TRAMO N°68	0.052	ALTO	
69 70	TRAMO N°69	0.031	ALTO	
70 71	TRAMO N°70	0.031	ALTO	
71 72	TRAMO N°71	0.031	ALTO	
72 73	TRAMO N°72	0.031	ALTO	
73 74	TRAMO N°73	0.031	ALTO	
74 75	TRAMO N°74	0.031	ALTO	
75 76	TRAMO N°75	0.067	ALTO	
76 77	TRAMO N°76	0.054	ALTO	
77 78	TRAMO N°77	0.052	ALTO	
78 79	TRAMO N°78	0.052	ALTO	
79 80	TRAMO N°79	0.052	ALTO	
80 81	TRAMO N°80	0.067	ALTO	
81 82	TRAMO N°81	0.058	ALTO	
82 83	TRAMO N°82	0.052	ALTO	
83 84	TRAMO N°83	0.052	ALTO	
84 85	TRAMO N°84	0.065	ALTO	
85 86	TRAMO N°85	0.052	ALTO	
86 87	TRAMO N°86	0.052	ALTO	
87 88	TRAMO N°87	0.052	ALTO	
88 89	TRAMO N°88	0.052	ALTO	
89 90	TRAMO N°89	0.054	ALTO	
90 91	TRAMO N°90	0.067	ALTO	
91 92	TRAMO N°91	0.067	ALTO	
92 93	TRAMO N°92	0.058	ALTO	
93 94	TRAMO N°93	0.067	ALTO	
94 95	TRAMO N°94	0.067	ALTO	
95 96	TRAMO N°95	0.067	ALTO	
96 97	TRAMO N°96	0.054	ALTO	
97 98	TRAMO N°97	0.054	ALTO	
98 99	TRAMO N°98	0.054	ALTO	
99 100	TRAMO N°99	0.080	MUY ALTO	
100 101	TRAMO N°100	0.067	ALTO	
101 102	TRAMO N°101	0.067	ALTO	
102 103	TRAMO N°102	0.058	ALTO	
103 104	TRAMO N°103	0.067	ALTO	
104 105	TRAMO N°104	0.058	ALTO	
105 106	TRAMO N°105	0.058	ALTO	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA DE RIESGO DEL COLECTOR CANTO GRANDE  
FRENTE A LA AMENAZA SÍSMICA

ELABORADO:  
JEAN EDDIE  
BASURTO SOTO

ESCALA:  
1:15 000

AÑO:  
2024

PLANO:  
R-01