

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACIÓN
FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO
HORIZONTE, LA LIBERTAD 2020”**

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

BR. CABELLOS MONTOYA MARLON HISASHI JESUS

BR. CHUQUIPOMA HILARIO ROGER ALEXANDER

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: ING. CABANILLAS QUIROZ GUILLERMO

SECRETARIO: ING. VEGA BENITES JORGE ANTONIO

VOCAL: ING. CANCINO RODAS CESAR LEONIDAS

ASESOR:

ING. SALAZAR PERALES ALVARO FERNANDO

CODIGO ORCID: 0000-0001-8871-2368

TRUJILLO - PERÚ

2022

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 2022/10/17

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE ESTUDIO DE INGENIERIA CIVIL



**“DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACIÓN
FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO
HORIZONTE, LA LIBERTAD 2020”**

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: HIDRÁULICA

AUTORES:

BR. CABELLOS MONTOYA MARLON HISASHI JESUS

BR. CHUQUIPOMA HILARIO ROGER ALEXANDER

JURADO EVALUADOR:

PRESIDENTE: ING. CABANILLAS QUIROZ GUILLERMO

SECRETARIO: ING. VEGA BENITES JORGE ANTONIO

VOCAL: ING. CANCINO RODAS CESAR LEONIDAS

ASESOR:

ING. SALAZAR PERALES ALVARO FERNANDO

CODIGO ORCID: 0000-0001-8871-2368

TRUJILLO – PERÚ

2022

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 2022/10/17

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a él hemos logrado concluir nuestra carrera, a nuestros padres porque ellos siempre estuvieron a nuestro lado brindándonos su apoyo y sus consejos para hacer de nosotros mejores personas a nuestros amigos, compañeros y todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido para el logro de nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, damos gracias a Dios por permitirnos tener tan buena experiencia dentro de nuestra universidad, gracias a nuestra universidad por permitirnos convertirnos en profesionales que tanto nos apasiona, gracias a cada maestro que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia; esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Finalmente agradecemos a quien lee este apartado y más de nuestra tesis, por permitir a nuestras experiencias, investigaciones y conocimientos, incurrir dentro de su repertorio de información.

RESUMEN

En este trabajo de investigación el objetivo principal es elaborar un diseño para el drenaje pluvial y plan de evacuación frente a inundaciones en el centro poblado bello horizonte. La metodología empleada fue de investigación aplicada según su propósito, correlacional según el nivel de conocimientos y de diseño cuasiexperimental; teniendo como población a todos los centros poblados de la región de La Libertad y como muestra en específico al Centro Poblado Bello Horizonte. En cuanto a los resultados que se han obtenido en este estudio, se puede mencionar que el área inundada es de: 11.99 has. con un tirante máximo de aproximadamente 0.79 m. por encima del nivel de suelo a lo largo del C.P Bello Horizonte. Como conclusión principal se puede hacer mención que se realizó el diseño de drenaje pluvial urbano, bajo parámetros normativos, del centro poblado Bello Horizonte en el departamento de La Libertad, con un sistema de cunetas a un punto de descarga identificado, teniendo en cuenta el caudal que escurre en la ciudad y el caudal proveniente de la cuenca; tomando en cuenta un plan de evacuación estructurado por rutas de evacuación, señalizaciones y definición de zonas seguras y concentradas.

Palabras Clave: Drenaje pluvial, plan de evacuación, área inundada, cuenca.

ABSTRACT

In this research work, the main objective is to develop a design for storm drainage and an evacuation plan against floods in the Bello Horizonte populated center. The methodology used was applied research according to its purpose, correlational according to the level of knowledge and quasi-experimental design; having as population all the populated centers of the La Libertad region and as a specific sample the Bello Horizonte Populated Center. Regarding the results that have been obtained in this study, it can be mentioned that the flooded area is: 11.99 hectares. with a maximum strap of approximately 0.79 m. above ground level throughout the C.P Bello Horizonte. As a main conclusion, it can be mentioned that the design of urban pluvial drainage was carried out, under normative parameters, of the Bello Horizonte populated center in the department of La Libertad, with a system of gutters to an identified discharge point, taking into account the flow. that drains into the city and the flow coming from the basin; taking into account an evacuation plan structured by evacuation routes, signs and definition of safe and concentrated areas.

Keywords: Storm drainage, evacuation plan, flooded area, basin.

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

De conformidad y en cumplimiento con los requisitos estipulados en el reglamento de Grados y Título de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento del Programa Académico de Tesis Asistida de la Facultad de Ingeniería, pongo a su disposición el presente trabajo de investigación denominado: **“DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO HORIZONTE, LA LIBERTAD 2020”**, con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Para ello, se necesitó el apoyo de nuestro asesor dado que, con su experiencia, nos brindó distintas herramientas necesarias para realizar de la mejor manera esta investigación, que esperamos sirva como punto de partida para futuros proyectos relacionados a este tema en la zona donde hemos realizado el análisis correspondiente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
PRESENTACIÓN	VIII
ÍNDICE DE CONTENIDOS	9
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	12
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Problema de la investigación	15
1.1.1. Realidad Problemática.....	15
1.1.2. Formulación del problema	17
1.2. Objetivos	17
1.2.1. Objetivo general:.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Justificación del estudio	18
II. MARCO DE REFERENCIA	19
2.1. Antecedentes del estudio	19
2.2. Marco teórico.....	23
2.2.1. Levantamiento topográfico	23
2.2.2. Hidrología	25
2.2.3. Hidráulica	30
2.3. Marco conceptual.....	33
2.4. Sistema de hipótesis.....	34
III. METODOLOGÍA EMPLEADA	36
3.1. Tipo y nivel de la investigación.....	36

3.1.1.	Por su propósito:.....	36
3.1.2.	Por el nivel de conocimientos:	36
3.1.3.	Por su manera de recolectar datos:.....	36
3.2.	Población y muestra de estudio	36
3.2.1.	Población:.....	36
3.2.2.	Muestra:.....	36
3.3.	Diseño de investigación	36
3.4.	Técnicas e instrumentos de la investigación	37
3.5.	Procesamiento y análisis de datos	37
IV.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	39
4.1.	Análisis e interpretación de resultados	39
4.2.	Docimasia de hipótesis	94
V.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	95
	CONCLUSIONES	99
	RECOMENDACIONES	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102
	ANEXOS	105
	Anexo N°01: Parámetros de procesamiento del levantamiento topográfico	
	105	
	Anexo N°02: Informe técnico de estudio de mecánica de suelos	110
	Anexo N°03: Panel fotográfico	120
	Anexo N°04: Planos	121

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cuadro de Operacionalización de variables.....	35
Tabla 2. Descripción de la cuenca en función de su tamaño	40
Tabla 3. Ancho promedio de la cuenca.....	41
Tabla 4. Factor de forma de la cuenca	41
Tabla 5. Índice de compacidad de la cuenca	42
Tabla 6. Datos de áreas parciales extraído del programa ArcMap.	43
Tabla 7. Datos de lados de los rectángulos.	43
Tabla 8. Precipitaciones máximas para los períodos de retorno a analizar	48
Tabla 9. Intensidades de tormenta.....	49
Tabla 10. Resultados de caudales-método racional.	50
Tabla 11. Resultados de caudales-método de convolución.....	51
Tabla 12. Porcentaje de la composición de las muestras	56
Tabla 13. Resultados de Contenido de Humedad Natural.....	57
Tabla 14. Resultados de límites de consistencia	58
Tabla 15. Clasificación de la muestra	59
Tabla 16. Resultados Proctor modificado.	60
Tabla 17. Resultados CBR.....	61
Tabla 18. Caudales ingresados calle 28 de Julio.....	62
Tabla 19. Caudales ingresados calle Ramón Castilla.....	71
Tabla 20. Coeficiente de escorrentía.	86
Tabla 21. Caudal de escurrimiento.	87
Tabla 22. Diseño de cunetas.	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Croquis de direccionamiento del flujo de agua: Calles Ramón Castilla y 28 de Julio.....	15
Figura 2. Croquis de direccionamiento del flujo de agua- Calles Miguel Grau y Los Incas.....	16
Figura 3. Vista satelital del centro poblado Bello Horizonte.....	16
Figura 4. Levantamiento topográfico con Drone.....	24
Figura 5. Ciclo hidrológico	25
Figura 6. Cuenca delimitada influyente en el asentamiento humano Bello Horizonte.....	39
Figura 7. Delimitación de la cuenca ubicada en la zona de estudio con el programa Google Earth.....	40
Figura 8. Rectángulo equivalente de la cuenca.....	42
Figura 9. Curva hipsométrica de la cuenca.	44
Figura 10. Distribución altimétrica de la cuenca.	45
Figura 11. Perfil longitudinal de la cuenca.....	45
Figura 12. Ubicación de la estación meteorológica Laredo.....	46
Figura 13. Precipitaciones máximas anuales de la estación meteorológica Laredo.	47
Figura 14. Resultados del test Kolgomorov-Smirnov.....	47
Figura 15. Representación gráfica del test Kolgomorov-Smirnov.....	48
Figura 16. Curvas IDF	49
Figura 17. Hietograma de diseño efectivo	50
Figura 18. Hidrograma unitario	51
Figura 19. Gráfica de caudales vs períodos de retorno del método de convolución.	52
Figura 20. Centro Poblado Bello Horizonte.	52
Figura 21. Procesamiento de la topografía del C.P. Bello Horizonte.....	54
Figura 22. Ubicación del distrito de Laredo en la provincia de Trujillo.....	55
Figura 23. Representación de resultados de composición de las muestras.....	56
Figura 24. Representación de resultados de contenido de humedad.....	57
Figura 25. Representación de resultados de límites de consistencia.	58
Figura 26. Representación de resultados de Proctor modificado.	60

Figura 27. Representación de resultados de CBR	61
Figura 28. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=2 años.	62
Figura 29. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=5 años.	63
Figura 30. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=10 años.	63
Figura 31. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=25 años.	64
Figura 32. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=50 años.	64
Figura 33. Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=100 años.	65
Figura 34. Velocidades para todos los Tr analizados de la Calle 28 de Julio.	65
Figura 35. Datos hidráulicos Tr=100 años de la calle 8 de Julio.	66
Figura 36. Tirante hidráulico por secciones de la calle 28 de Julio.....	66
Figura 37. Sección 1 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	67
Figura 38. Sección 2 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	67
Figura 39. Sección 3 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	68
Figura 40. Sección 4 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	68
Figura 41. Datos hidráulicos sección 1 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	69
Figura 42. Datos hidráulicos sección 2 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	69
Figura 43. Datos hidráulicos sección 3 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	70
Figura 44. Datos hidráulicos sección 4 calle 28 de Julio para Tr=100 años.....	70
Figura 45. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=2 años.	71
Figura 46. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=5 años.	72
Figura 47. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=10 años.	72
Figura 48. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=25 años.	73
Figura 49. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=50 años.....	73
Figura 50. Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	74
Figura 51. Velocidades para los Tr de 50 y 100 años calle Ramón Castilla.....	74
Figura 52. Datos hidráulicos Tr=100 años calle Ramón Castilla	75
Figura 53. Tirante hidráulico por secciones de la calle Ramón Castilla.....	75
Figura 54. Sección 1 calle 28 Ramón Castilla para Tr=100 años.....	76
Figura 55. Sección 2 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	76
Figura 56. Sección 3 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	77
Figura 57. Sección 4 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	77
Figura 58. Sección 5 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	78
Figura 59. Sección 6 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	78
Figura 60. Sección 7 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	79

Figura 61. Sección 8 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	79
Figura 62. Sección 9 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.....	80
Figura 63. Datos hidráulicos sección 1 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	80
Figura 64. Datos hidráulicos sección 2 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	81
Figura 65. Datos hidráulicos sección 3 calle Ramón Castilla para Tr=100 años. .	81
Figura 66. Datos hidráulicos sección 4 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	82
Figura 67. Datos hidráulicos sección 5 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	82
Figura 68. Datos hidráulicos sección 6 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	83
Figura 69. Datos hidráulicos sección 7 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	83
Figura 70. Datos hidráulicos sección 8 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	84
Figura 71. Datos hidráulicos sección 9 calle Ramón Castilla para Tr=100 años.	84
Figura 72. Sección de cuneta a proyectar A-A.	93
Figura 73. Sección de cuneta a proyectar B-B.	94
Figura 74. Sección de cuneta a proyectar C-C.....	89
Figura 75. Rutas de evacuación del C.P Bello Horizonte.	89
Figura 76. Señalización para la evacuación del C.P Bello Horizonte.	89
Figura 77. Puntos de señalización ubicados en el C.P Bello Horizonte.	90
Figura 78. Zona de concentración para evacuación del C.P Bello Horizonte.	91
Figura 79. Zonas seguras de evacuación del C.P Bello Horizonte.....	91
Figura 80. Ejes de calles estudiadas del C.P Bello Horizonte.	92
Figura 81. Zona de inundabilidad del C.P Bello Horizonte.	92

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de la investigación

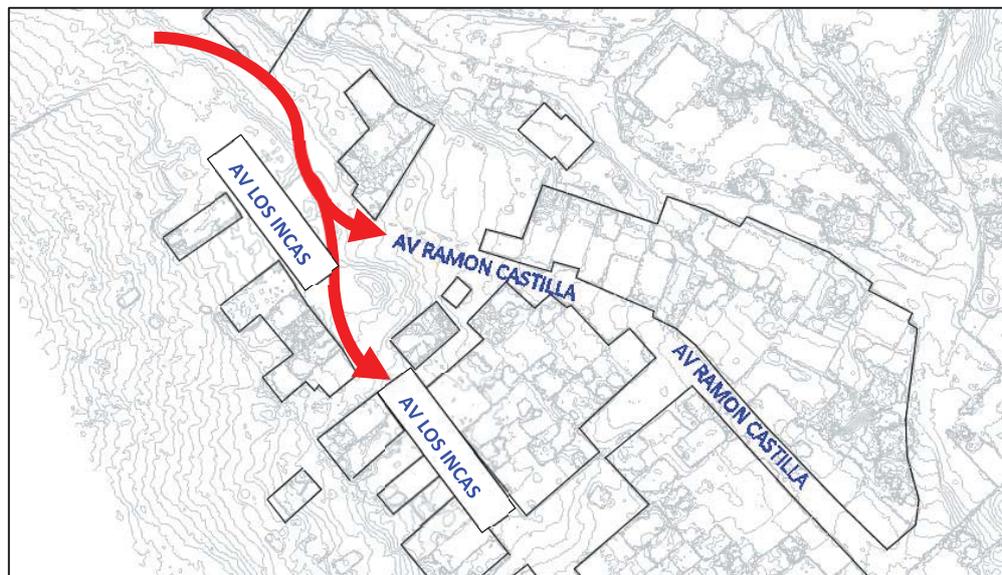
1.1.1. Realidad Problemática

En el centro Poblado Bello Horizonte, ubicado en el distrito de Laredo hace aproximadamente 4 años fue azotado por las fuertes lluvias que dejó como resultado el fenómeno del niño, tras su paso ocasionó aluviones con arrastre de todo tipo de sedimentos, desde barro, arena e incluso piedras, troncos de árboles y restos de viviendas derribadas por el paso del agua.

Según fuentes locales, existieron 04 puntos importantes que se activaron durante los meses que el fenómeno del niño se desarrolló, los cuales son las calles: Ramón Castilla, 28 de Julio, Los Incas y Miguel Grau.

Figura 1.

Croquis de direccionamiento del flujo de agua: Calles Ramón Castilla y Los Incas.

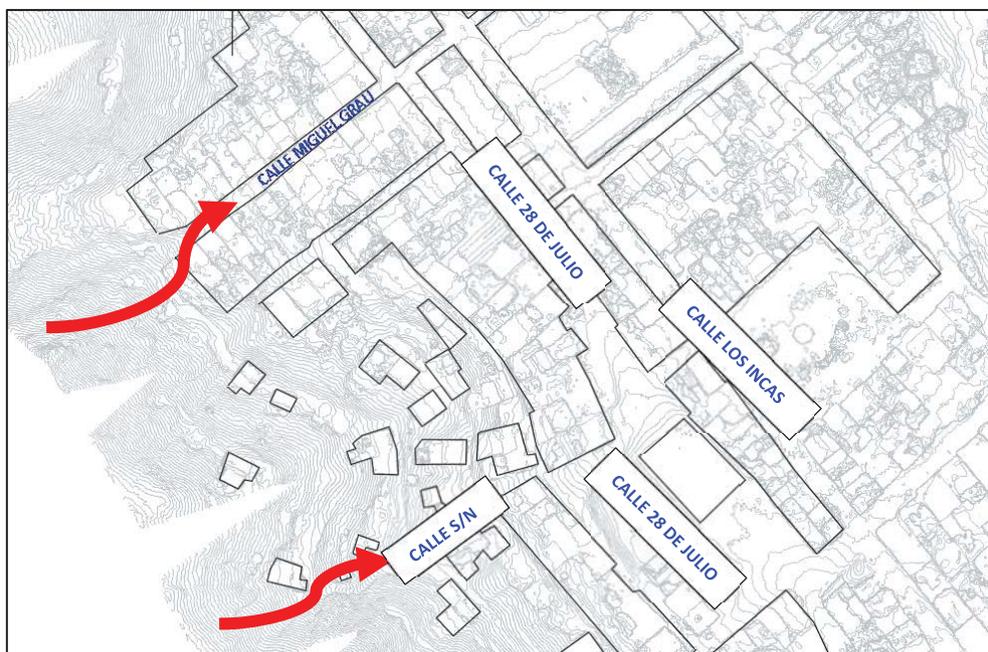


Nota: Autoría Propia.

Según fuentes locales, es decir testimonio de los pobladores de la zona, el agua avanzó a través de las avenidas Ramos Castilla y Los Incas, con un tirante de aproximadamente 0.60m.

Figura 2.

Croquis de direccionamiento del flujo de agua- Calles Miguel Grau y 28 de Julio.

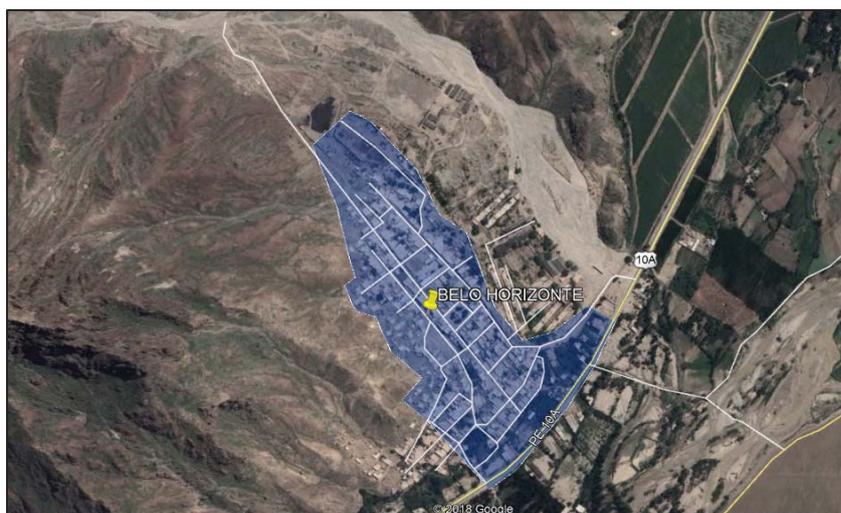


Nota: Autoría Propia.

También describen los pobladores que las otras dos escorrentías que fueron torrenciosas se ubican en las calles “Miguel Grau” y “28 De Julio”, vecinos cercanos dicen que el tirante en dichas calles alcanzó más de un metro de altura.

Figura 3.

Vista satelital del centro poblado Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Por ello, en base a lo que se ha podido recopilar respecto a las fuertes inundaciones que han afectado directamente al Centro Poblado Bello Horizonte es que se ha planteado una propuesta de solución basada en el diseño de un drenaje pluvial y un plan de evacuación que permita hacerle frente a dicho evento natural.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el diseño adecuado de drenaje pluvial y plan de evacuación frente a inundaciones en el centro poblado bello horizonte?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general:

- Elaborar un diseño para el drenaje pluvial y plan de evacuación frente a inundaciones en el centro poblado bello horizonte.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estimar el Caudal en los puntos de interés para una máxima avenida en un periodo de retorno $T= 100$ años.
- Realizar el levantamiento topográfico del C.P Bello horizonte el cual tiene un área aproximada de 20 Ha.
- Calcular la altura de agua en las calles principales del C.P. Bello Horizonte
- Calcular el área inundada por el desborde de las quebradas M. Grau y 28 de Julio.
- Determinar las características hidráulicas de las quebradas mediante la aplicación de un modelo numérico computacional.
- Proponer un sistema que permita la evacuación de caudales provenientes de las quebradas en estudio.
- Definir rutas de evacuación para la población de diferentes sectores del Centro poblado

- Establecer una señalización de las rutas a emplearse para la evacuación
- Determinar zonas seguras dentro o a los alrededores del C.P. Bello horizonte, como sectores de concentración en caso de no tomar rutas de evacuación.

1.3. Justificación del estudio

Nuestro proyecto de investigación se realiza por que es relevante tener un diseño de drenaje pluvial y plan de evacuación en el Centro Poblado Bello Horizonte, para así poder trazar rutas de evacuación frente a un evento de máximas avenidas; este es un problema que ha causado destrozos, inundaciones, pérdidas económicas y materiales en los pobladores de esta localidad.

Ante este problema encontrado, trataremos de dar soluciones para poder mitigar en gran medida los problemas que puedan ocasionar, proponiendo muchas alternativas tanto como obras civiles como también alternativas de evacuación

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del estudio

Internacionales

- Edirisinghe et al. (2021) en su investigación “GIS based Approach for Planning the Evacuation Process During Flash Floods: Case Study for Gampaha Divisional Secretariat Division, Sri Lanka”, tuvieron como objetivo el proponer un enfoque basado en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para llevar a cabo la planificación del procedimiento de evacuación durante una determinada situación en la que se presenta una inundación de forma repentina en la División de Secretaría Divisional de Gampaha (DSD), y con ello, reducir las consecuencias negativas. La metodología se basó en el establecimiento de siete criterios, los cuales fueron elevación, accesibilidad, uso de la tierra, disponibilidad de edificios, presencia de fuentes de agua, lluvia y densidad de población; los datos fueron analizados mediante herramientas y modelos del paquete de software GIS. En cuanto a los principales resultados, se creó el mapa de inundaciones empleando los datos de elevación y precipitación, se identificaron los centros de evacuación fuera del área inundada., con siete ubicaciones potenciales tomando en cuenta criterios como la elevación (por encima de 15 m por encima del nivel del mar), accesibilidad (máximo 200 m de las vías principales), propiedad (solo pública) y cantidad de personas alojadas. Se llegó a la conclusión de que toda la información recolectada será de gran ayuda para que el gobierno, las entidades no gubernamentales y las personas, para que puedan tomar acciones inmediatas durante una inundación repentina en el área de estudio.

- Díaz y Rodríguez (2016) en su artículo denominado: “Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo, Venezuela”, tuvieron como fin identificar las áreas que presentan vulnerabilidad al riesgo por inundación en la zona analizada. La metodología empleada tuvo relación con la exploración de campo para la identificación de riesgos de orígenes naturales y antrópicos. Entre los resultados se obtuvo la identificación de áreas que se encuentran amenazadas y presentan una vulnerabilidad antes inundaciones por el

hecho de que el vertido directo proveniente de las aguas residuales influye descontroladamente sobre el balance del nivel freático. Como conclusión determinaron que los factores más importantes que condicionan un posible riesgo de inundación en la zona se encuentran relacionados con parámetros hidrológicos, pendiente del terreno, suelo, entre otros; así como, los antropogénicos que son favorecidos por la falta de una organización territorial.

Nacionales

- Mendoza (2016) en su investigación: “Evaluación del riesgo Por inundación en la quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, periodo 2011- 2016”, tuvo como fin el evaluar la categoría de riesgo por inundabilidad producida en la zona ya mencionada. La metodología empleada fue de investigación de nivel descriptivo basado en la aplicación de tablas y su posterior procesamiento. Esta investigación tuvo como resultados la relación al reforzamiento y mantenimiento del cauce de la ya mencionada quebrada, centrándose en las captaciones de la población y referenciando el cumplimiento de la normativa correspondiente. Como conclusión principal se tiene que los niveles de peligrosidad y de vulnerabilidad son elevados en la quebrada Romero.

- Ramírez (2020), desarrolló la investigación titulada “Precipitación Pluvial y Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial en las Calles de Asociación Aliaga, Distrito Puquio – Lucanas – Ayacucho – 2020”, la cual estuvo enfocada en analizar la influencia de la Precipitación Pluvial en el Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial en dicha área de estudio. A nivel de la metodología, el presente análisis tuvo un enfoque cuantitativo, de nivel correlacional y de tipo aplicada, con diseño no experimental; la población de estudio fue el distrito de Puquio, la muestra estuvo conformada por ciertas calles de la Asociación Aliaga; la técnica respecto a la recopilación de datos fue la observación directa, mientras que el instrumento fue el registro de observaciones. Entre los resultados más importantes, la zona en estudio evidenció una topografía ligeramente ondulada, con pendientes de hasta 8.52% como máximo y 0.44% como mínimo, con un canal de concreto en la parte más baja; el estudio de mecánica de suelos

permitió definir un área con suelo SM-SC, sin capa freática y humedad natural promedio de 3.25%. Asimismo, en base al estudio hidrológico se evidenció un caudal circundante inferior al caudal máximo de la sección de vía, a excepción de dos calles. Se concluyó que, algunas calles no requerían estructuras de evacuación, ya que su propia configuración permitiría evacuar las aguas pluviales.

- Lima y Quispe (2018), en su investigación titulada: “Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de Alto Libertad”, tuvo como finalidad realizar un sistema de drenaje pluvial usando los drenajes urbanos sostenibles (SUDS), debido a diversos factores que afectan el clima en nuestro país, la ciudad de Arequipa enfrenta periodos prolongados de lluvias de diferentes intensidades en las épocas de verano. Debido a que a nivel nacional no existe una normativa con respecto a este sistema novedoso de drenaje pluvial, se utilizaron normativas internacionales donde la aplicación de SUDS es más conocida. Entre los resultados se obtuvieron que los SUDS otorgan resultados favorables frente a su aplicación, además de que nos ayuda a reutilizar las aguas que son captadas por las lluvias y darle un buen uso.

Locales

- Morales (2019) en su investigación: “Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce del Río Grande, tramo desde el Puente Candopata hasta el Puente Cumbicus de la ciudad de Huamachuco, Provincia de Sánchez Carrión – La Libertad”, tuvo como finalidad el evaluar el rango de riesgo por una potencial inundación, producido en la zona ya mencionada. La investigación tuvo una metodología del tipo descriptiva basado en la aplicabilidad de tablas para la evaluación de datos obtenidos. Entre los resultados se obtuvo que el riesgo es elevado dado que se tiene un 51 a 75% entre diferentes rangos como los físicos, ideológicos, culturales, entre otros. Por lo que se llegó a la conclusión de que la población que se ubica en el interior de la faja marginal de dicho cauce corre un gran peligro.

- Benites y Bustamante (2020) , en su investigación “Diseño de un sistema de drenaje urbano pluvial en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín – Trujillo- La Libertad”, tuvieron como objetivo el determinar el diámetro adecuado para las tuberías que constituyen el sistema de drenaje pluvial para las avenidas ya mencionadas, y con ello, tener conocimiento del volumen de agua que se ha captado por el sistema planteado. La metodología correspondió a una investigación de tipo aplicada, de nivel descriptiva; considerando como población y muestra al sistema de drenaje planteado en el área de estudio, así como las visitas a campo como técnica principal. De esta forma, los resultados derivaron en la proposición de un sistema de drenaje compuesto a su vez por 2 subsistemas, de la derecha y el de la izquierda, con 2 descargas, salida 1 y salida 2, con un total de 31 buzones conectados a través de tuberías, considerando las pendientes máximas y mínimas; la propuesta fue modelada mediante el software de especialidad “SWMM”, lo que permitió comprobar el funcionamiento del sistema; asimismo, el modelado permitió comprobar un error de continuidad de -0.88%, observando variaciones en el caudal que entra respecto al que sale procedente de las sub cuencas. De esta forma, se concluyó que, el diseño último cuenta con 31 buzones conectados mediante tuberías, divididos en 2 sub sistemas, desde el buzón número 16 hasta la salida 2 para la descarga, las tuberías oscilan entre 0.40 m. y 1.20 m. de diámetro, con longitudes entre 80 m. y 194 m., mientras que, la salida 1 tuvo una descarga de 3,698 m³ y la salida 2 con 4,703 m³, para un total de 8,402 m³ de descarga alrededor de todo el sistema; es así, como el desarrollo del sistema planteado atenuará el caudal producido en las avenidas Fátima, Húsares y Víctor Larco del distrito de Junín para épocas que se de la presencia del fenómeno “El Niño”.

- Purizaca y Saucedo (2020), en su investigación titulada: “Diseño de drenaje pluvial urbano en la avenida Jesús de Nazareth, distrito Trujillo, provincia Trujillo, departamento La Libertad, 2020”, tiene como finalidad realizar el diseño de drenaje pluvial urbano en la avenida Jesús de Nazaret, basado principalmente en identificar y analizar los problemas ya existentes; en base a ello plantear posibles soluciones y así poder diseñar

la idea que más sea conveniente para la elaboración de un proyecto sostenible y viable. El proyecto se focaliza en diseñar un sistema de drenaje pluvial urbano, utilizando datos reales y parámetros normativos, los cuales sirven para resolver así los problemas de almacenamiento de agua de lluvia. Entre los resultados se llegó a la conclusión de que el drenaje de aguas pluviales será mediante un sistema de alcantarillado pluvial, compuesta de tuberías circulares, teniendo una disposición final el canal de regadío.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Levantamiento topográfico

Es la descripción de un terreno específico, representando los diversos elementos presentes, abarcando desde las características naturales (accidentes geográficos, ríos, pendientes) hasta lo que ha construido el hombre (edificios, carreteras), con lo cual se determinan las diferentes ubicaciones entre diversos puntos sobre el plano horizontal, describiendo también las diferencias de altura de los elementos sobre terreno, las elevaciones del espacio, para una comprensión objetiva del área y el conocimiento del terreno en el cual se tiene previsto trabajar. Debido al desarrollo tecnológico, se vienen implementando diversas innovaciones, como el uso de drones para el levantamiento topográfico; permitiendo obtener modelos digitales del terreno con más detallados y precisión, logrando una calidad respecto de las técnicas topográficas tradicionales; todo ello entendiendo que, es fundamental la exactitud y la cantidad de información que se recoja, como un conjunto de datos imprescindibles antes de comenzar un proyecto de obra; por lo que, el uso de drones representa una revolución en estos trabajos (Global Mediterránea Geomática, 2018).

El procedimiento para levantamiento topográfico con dron abarca los siguientes pasos:

- Los drones equipados con cámaras fotográficas realizan el recorrido del terreno, llegando incluso a las zonas poco accesibles o poco seguras.
- Las imágenes captadas por las cámaras del dron se procesan a través de programas y herramientas específicas, obteniendo nubes de millones de puntos que reflejan la realidad del terreno.
- Las imágenes se someten georreferenciación y escala, se extraen las coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles.
- Se desarrollan los modelos 3D y ortofotos, con lo cual se pueden iniciar los trabajos del proyecto, bien sean obras civiles, intervenciones arqueológicas, intervenciones en minería o para gestionar cultivos, entre otros usos (Global Mediterránea Geomática, 2018).

Figura 4.

Levantamiento topográfico con Drone



Nota: Del Río et al. (2020).

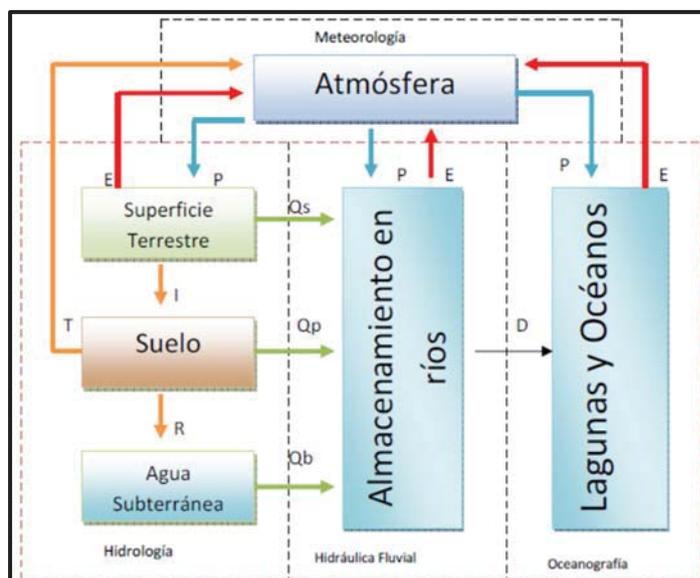
2.2.2. Hidrología

La hidrología, de acuerdo a lo señalado por Gutiérrez (2014), proviene de los términos griegos *hidro* (agua) y *logos* (tratado); es una ciencia natural geográfica, que se encarga de estudiar la distribución espacial y temporal, de la ocurrencia, circulación, cantidad, usos y propiedades del agua presente en la atmósfera, por encima y por debajo de la superficie terrestre; abarcando la lluvia, la escorrentía superficial y subterránea, la humedad del suelo, inclusive, los cambios de las masas glaciares. La hidrología tiene especial importancia, pues, aun cuando se considera que el agua es abundante en el planeta, la realidad es que existen ciertos riesgos, especialmente, por su irregular distribución, además de la amenaza que existe sobre muchas fuentes hídricas, por los efectos de la actividad humana, aunque también, por causa del cambio climático.

Su estudio aborda todo lo relativo al ciclo hidrológico, especialmente, los problemas que suelen presentarse en el mismo, específicamente: a) determinación de la avenida máxima (presa, vertedores, obras de drenaje, obras de regulación, puentes, alcantarillado), b) determinación el régimen de escurrimiento (presas de almacenamiento, navegación en ríos) (Reyes, 2012).

Figura 5.

Ciclo hidrológico



Nota: Reyes (2012).

Cuenca hidrográfica

Es una fracción de territorio drenada por un único sistema de drenaje natural; la misma se define por el área del río al cual se hace referencia y es determinada por la línea de las cumbres, que se conoce como divisor de aguas o parteaguas. Una cuenca constituye una depresión sobre la superficie de la tierra, un valle cercado de alturas; en tanto, el término “Cuenca hidrográfica” tiene una connotación más amplia, pues representa una parte de la superficie terrestre con aguas que se dirigen hacia un mismo río o lago; mientras que, la sumatoria de todas las cuencas hidrográficas de todos los ríos que vacían en un mismo mar, constituyen la vertiente de dicho mar y, la sumatoria de todas las cuencas hidrográficas de todos los afluentes de un río, representan la cuenca de dicho río. De esta forma, las divisorias, (divisorias de aguas o divisorias de vertientes), son aquellas líneas de separación, trazadas entre cuencas hidrográficas o vertientes adyacentes, que coinciden con cumbres montañosas, cuyos lados conducen sus aguas hacia cauces, cuencas o mares distintos Gámez (2010). Las cuencas hidrográficas se clasifican en 3 grupos:

- Cuenca principal: aquella en la cual el cuerpo principal de agua desemboca de forma directa en el océano.
- Subcuenca: aquella que deriva hacia otra cuenca; la de primer orden deriva hacia una cuenca principal, la de segundo orden deriva hacia una subcuenca y así sucesivamente.
- Microcuenca: es una cuenca o subcuenca pequeña.

El estudio de la cuenca hidrográfica es importante dado que se enfoca a determinar las propiedades geomorfológicas e hídricas en relación al aporte que brindan y el desempeño hidrológico (Reyes, 2012). Los aspectos a considerar respecto a las cuencas son los siguientes:

- Área: es la superficie que queda delimitada dentro del parteaguas (la línea imaginaria que une los puntos de mayor elevación del terreno).

- Pendiente: de acuerdo al Criterio de Nash, en cada punto se traza una línea en todas las direcciones para unir dos curvas de nivel, y se toma la menor distancia.
- Elevación media de la cuenca (m.s.n.m): es la variación de la altitud de la cuenca hidrográfica, lo que incide sobre el clima, así como en el régimen hidrológico.
- Parámetro de forma: es la relación entre el perímetro y el área de la cuenca.
- Perímetro de la cuenca: es la longitud total del parteaguas.

Precipitación

Es la humedad que se origina en las nubes hasta que llega al plano terrestre. Suele presentarse en forma de lluvia, siendo identificada según su intensidad, pudiendo ser ligera (hasta 2.5 mm/h de tasas de caída), moderada (de 2.5 mm/h hasta 7.6 mm/h) y fuerte (superiores a 7.6 mm/h).

- **Precipitación total y efectiva**

Es la precipitación que no se retiene en la superficie terrestre y tampoco se infiltra en el suelo. Después de fluir a través de la superficie de la cuenca, el exceso de precipitación se convierte en escorrentía directa a la salida de la cuenca bajo la suposición de flujo superficial hortoniano.

Tiempo de Concentración

Es el tiempo que necesita una gota para hacer un recorrido desde el punto hidráulicamente más lejos hasta el punto de salida de la cuenca. En un sistema de drenaje pluvial, se define de la siguiente forma:

$$tc = to + tf$$

Donde:

Tf : tiempo de flujo en la zona de las alcantarillas hasta el punto de interés = $\Sigma Li / Vi$.

To : tiempo de entrada, hasta alguna zona de alcantarilla.

Período de Retorno

Es el tiempo en años promediado en que el caudal pico de una creciente se supera o se iguala una vez cada cierta cantidad de años. Bajo la suposición de que los eventos anuales resultan independientes, se puede llegar a calcular que probabilidad hay de que la presencia de alguna falla respecto a un período de vida útil de cierta cantidad de años. Dicho riesgo se basa en período de retorno y el período de vida de utilidad de la obra (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Fuente: (Chow, 1983)

Análisis estadístico de datos hidrológicos

Este análisis se hace con el fin de estimar intensidades, precipitaciones o caudales de orden máximo, para diferentes periodos de retorno. Para ello, existen diferentes modelos probabilísticos como la distribución Normal, Log Normal, Gamma, Log Pearson, Gumbel o el Log Gumbel (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Tormenta de diseño

Es un patrón de precipitación que se define para emplearse en el diseño un sistema de carácter hidrológico (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

- **Curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF)**

Las curvas I-D-F son elementos que guardan relación respecto a la intensidad de una lluvia con su duración y frecuencia que puede presentar, es decir, su periodo de retorno o probabilidad de ocurrencia (Miñano y Urquiaga, 2018).

$$i = \left(\frac{P}{Td}\right)$$

Fuente: (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Donde:

P= Profundidad de lluvia (mm.)

Td= Duración (hrs.).

I= Intensidad

- **Hietograma de diseño**

Este parámetro consiste en estudiar y analizar las distribuciones temporales en el tiempo respecto a las tormentas que se presentan. Se puede obtener partiendo de la obtención de las curvas de intensidad-duración-frecuencia (IDF) por el método de bloques alternos (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Estimación de Caudales

Cuando hay la presencia de datos de aforo en suficientes cantidades, se llega a realizar un análisis estadístico obteniendo los caudales de orden anual máximo para la estación más próxima a la zona de estudio o punto de interés. Se llegan a calcular para distintos períodos de retorno usando diversas distribuciones en base al análisis estadístico de la data hidrológica realizada.

- **Método Racional**

Estima el caudal máximo a partir de la precipitación, abarcando todas las abstracciones en un solo coeficiente c (coef. escorrentía) estimado sobre la base de las características de la cuenca. Muy usado para cuencas, $A < 10 \text{ Km}^2$. Considerar que la duración de P es igual a t_c .

La descarga máxima de diseño, según esta metodología, se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$Q = 0.278CIA$$

Donde:

C: Coeficiente de escorrentía

I : Intensidad de precipitación máxima horaria (mm/h)

A: Área de la cuenca (Km^2).

Q: Descarga máxima de diseño (m³ /s)

Avenida de Diseño

La Avenida de Diseño es el caudal que se escoge, mediante diversas consideraciones, para dimensionar un proyecto (o una parte de él). Para su determinación se usa la información básica proporcionada por el estudio hidrológico. Debe escogerse de modo de garantizar la estabilidad del río y del puente y teniendo en cuenta la evaluación de los daños potenciales involucrados en una potencial falla (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

2.2.3. Hidráulica

Se encarga del estudio de las diversas propiedades mecánicas de los fluidos, dependiendo de las fuerzas que llegan a interponerse entre la masa y el empuje que ocasiona esta misma (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Inundaciones

Salas y Jiménez (2021) señalan que una inundación, de acuerdo al glosario internacional de hidrología de la Organización Meteorológica Mundial OMM de 1974, se define como el aumento del agua por encima del nivel normal del cauce, entendiéndose que, el nivel normal corresponde a una elevación de la superficie del agua que no produce daños, por tanto, una inundación es una elevación que puede ocasionar pérdidas.

Para el control de inundaciones, se pueden tomar dos tipos de medidas:

- **Medidas estructurales:** son las diversas obras de ingeniería desarrolladas a objeto de minimizar o sortear las consecuencias de las inundaciones, manejando el flujo del agua; abarcan estructuras de ingeniería como las defensas ribereñas (espigones, muros de contención, diques, reservorios, gaviones, etc.) y medidas adicionales más naturales y sostenibles como

amortiguadores naturales; a su vez, estas medidas pueden ser extensivas o intensivas. Las medidas extensivas son las que operan directamente en las cuencas, modificando las relaciones entre lluvia y caudal, como por ejemplo el cambio de la cobertura vegetal del suelo, que minimiza y retarda los picos de crecidas y controla la erosión de la cuenca. Por su parte, las medidas intensivas son las que operan en el caudal (Soluciones Prácticas, 2014).

- Medidas no estructurales: abarca el conjunto de transformaciones que no implican una construcción física, sino que emplean el conocimiento y prácticas que permitan minimizar el riesgo y sus consecuencias, son generalmente medidas políticas y legislativas que logran incrementar la conciencia pública, como la capacitación y educación de las poblaciones potencialmente vulnerables (Soluciones Prácticas, 2014).

Drenaje pluvial

Sistema que busca recolectar y sacar el agua de lluvia captada en las calles y zonas verdes de un lugar, para impedir así que sucedan inundaciones, las cuales suelen presentarse con gran probabilidad en épocas de lluvias (Jiménez, 2017).

El drenaje transversal de una carretera tiene como función la adecuada evacuación del agua superficial que pasa por su estructura, la cual circula por cauces naturales o artificiales, de forma constante o temporal, para asegurar su duración y estabilidad (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018).

El MTC (2018) señala particulares de los elementos del drenaje pluvial, como se destaca a continuación:

- Alcantarillas: en carreteras de elevado nivel de tránsito y para llevar a cabo la limpieza y mantenimiento de las mismas, la sección mínima circular debería ser de 0.90 m (36”) de diámetro o su equivalente de otra sección, excepto en cruces de canales de

riego, en los cuales se adoptarán secciones en función de cada diseño particular; mientras que, en cauces naturales con caudales de diseño importantes, suelen colocarse alcantarillas múltiples, considerando la capacidad de arrastre del curso natural (palizada, troncos y material de cauce) y su pendiente longitudinal; para tuberías de alcantarillas múltiples, se la separación de los tubos, medida entre las superficies externas, debe permitir la compactación del material de relleno igual a la mitad del diámetro de la tubería, con un máximo de 1.0 m y 0.4 m como mínimo.

- **Badenes:** el borde libre debería ser igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, aunque, se sugiere implementar valores entre 0.30 y 0.50m.
- **Cunetas:** en regiones secas o de poca lluvia, la longitud de las cunetas será de 250m como máximo; en regiones de intensa lluviosidad, se recomienda reducir la longitud máxima a 200m, salvo justificaciones técnicas, cuando existan zonas agrícolas, viviendas situadas sobre el talud inferior de la carretera que pudieran resultar afectadas por descargas de alcantarillas de alivio.

Plan de evacuación

Es el conjunto de actividades y procedimientos que tienen como propósito la conservación de la vida y la integridad física de las personas, en caso de amenaza, y empleando el desplazamiento desde, a través y hasta lugares de menor riesgo; los planes de evacuación son fundamentales para informar sobre las zonas de riesgo, los mecanismos de protección existentes, las vías de evacuación, las áreas de seguridad y sitios de reunión para que las personas procedan con prisa, eficacia y compromiso ante una emergencia, informándoles con anterioridad lo que deben hacer (AXA Colpatria, 2017).

2.3. Marco conceptual

Cuenca Hidrográfica La superficie de terreno cuya escorrentía superficial fluye en su totalidad a través de una serie de corrientes, ríos y, eventualmente, lagos hacia el mar por una única desembocadura. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Estación Climatológica Lugar equipado con instrumental mecánico o digital que requieren la intervención de un operario para obtener datos meteorológicos de precipitación, temperatura humedad del aire, dirección y velocidad del viento, radiación, evaporación, entre otros, para describir y explicar el clima de una región. (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Precipitación Caída de un conjunto de partículas, con formas de lluvia, llovizna, nieve, nieve granulada, granizo y gránulos de hielo.

Riesgo Potencial Es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente perjudicial, fenómeno o actividad que pueda causar la pérdida de vidas, daños a la propiedad, ruptura social y económica o degradación medioambiental (Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2012).

Situación De Riesgo Es la acción de poner en situación de riesgo a bienes o personas que son vulnerables a ese riesgo. Puede cuantificarse como las pérdidas esperadas debido a un tipo de riesgo potencial en un ámbito territorial dado y en un período de referencia (riesgo potencial * vulnerabilidad = situación de riesgo).

Dron: equipo de navegación autónomo con características técnicas particulares que permite la realización de trabajos de diversa índole, tanto en el exterior como en el interior de espacios (Ferreira & Aira, 2018).

2.4. Sistema de hipótesis

- Un diseño de drenaje pluvial y plan de evacuación del Centro Poblado Bello Horizonte, tendrá la función de orientar y guiar a la población hacia zonas seguras durante el desarrollo de un evento de inundación de máxima avenida.

Variables:

- Variables Dependientes:

X1= Planicie de inundación

X2= Modelo Hidráulico

X3= Red de drenaje Pluvial

X4= Plan de Evacuación

- Variable Independiente:

Y1= Máxima Avenida

Tabla 1.

Cuadro de Operacionalización de variables.

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Unidad de medida	
Máxima Avenida	Crecida de un río o quebrada debido a intensidades de lluvia inusualmente grandes en temporadas húmedas	En el proyecto la máxima avenida es importante para modelamiento del escurrimiento del caudal a través del cauce	Máxima avenida en las quebradas M. Grau y 28 de Julio	Caudal	m3/s	
				Periodo de retorno	años	
Planicie de inundación	Sector o zona invadida por la crecida de un río o quebrada	La planicie de inundación es requerida para estimar los daños que puede causar el desbordamiento del río	Planicie de inundación en el Centro Poblado	Altura de agua	m	
				Área inundada	m2	
Modelo hidráulico	Representación artificial mediante software de computadora del escurrimiento de agua en una determinada superficie	Nos apoya en la representación de la realidad problemática y evaluación del escurrimiento de caudal a través del cauce del río	Caracterización hidráulica 3D de las quebradas	Tirante	m	
				Velocidad	m2/s	
				Caudal específico Régimen de flujo	m2/s froude	
Red de drenaje Pluvial	Sistema para el desalojo de las aguas de lluvia para evitar posibles molestias, e incluso daños materiales y humanos debido a su acumulación o al escurrimiento superficial generado por la lluvia	En el proyecto la red de drenaje evitará la saturación de caudal en las vías de acceso y tránsito dentro del centro poblado	Sistema de drenaje pluvial en el centro poblado de B.H	Dimensionamiento de canales, acueductos, alcantarillas	Largo, ancho, solera, profundidad, diámetro	m, mm, pulg.
Plan de evacuación	Conjunto de procesos pre-meditados con la finalidad de evacuar una determinada población	Es imperativo para el control de la evacuación de la población en el caso de un desastre natural como una inundación	Plan de evacuación por inundación	Rutas	Und.	
				Señalización	Izquierda/derecha	
				Zonas Seguras	Área (m2)	

Nota: Autoría Propia.

III. METODOLOGÍA EMPLEADA

3.1. Tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Por su propósito:

- Investigación Aplicada: En este tipo de investigación buscamos emplear o aplicar conocimientos ya consolidados en las ciencias de la ingeniería, con la intención de generar nuevos conocimientos, basándonos en todas las ramas de la ingeniería como nos sea posible.

3.1.2. Por el nivel de conocimientos:

- Investigación Correlacional: Esta investigación establece una relación entre dos variables o más y la evalúa la relación estadística entre ellas, además busca determinar el grado en el cual estas variables son concomitantes.

3.1.3. Por su manera de recolectar datos:

- Investigación de campo: Nuestra investigación requiere de la recolección de datos in situ para la determinación de la realidad problemática y resolución de los objetivos planteados

3.2. Población y muestra de estudio

3.2.1. Población:

- Centros poblados de la región La Libertad

3.2.2. Muestra:

- Centro Poblado de Bello Horizonte

3.3. Diseño de investigación

- Cuasi Experimental: Nuestra investigación se ciñe a los parámetros metodológicos establecidos de una investigación de diseño cuasi experimental ya que nosotros planteamos representar la realidad de

manera informática, mediante el empleo de software de computadora y en ésta última recrear los eventos desfavorables que podrían suceder en ella con la finalidad de tener un ámbito controlado y no modificar la realidad existente.

3.4. Técnicas e instrumentos de la investigación

- Topografía: Planimetría y altimetría

Instrumentos:

- Dron
- Estación Total
- Teodolito Azimutal
- Nivel de ingenieros
- Prisma

- Hidrología: Estimación de los caudales en los puntos de interés determinados mediante el estudio de cuencas, precipitaciones o aforos de los ríos y quebradas, con la intención de elaborar o proyectar estructuras hidráulicas o estudios de inundabilidad.

Instrumentos:

- Registros Pluviométricos
- Registros de aforos
- Cartografía

3.5. Procesamiento y análisis de datos

- Topografía: Representa el relieve del terreno de manera digital por curvas de nivel mediante el uso de programas como AutoCAD Civil 3D y Google Earth.

- Mecánica de Suelos: Representa el estudio del suelo analizando sus parámetros físicos y mecánicos como la granulometría, el peso específico, la densidad relativa los contenidos de humedad, para procesar esta información haremos uso del software Excel.

- Hidrología: Representa el estudio de las capacidades físicas y mecánicas del agua, como la estimación de causales mediante programas como ArcGIS y Excel.

- Hidráulica: Representa el estudio del equilibrio y movimiento de fluidos, como además técnicas de conducir, contener elevar y aprovechar aguas, lo cual utilizaremos el programa Hec-Ras.

- Drenaje pluvial y plan de evacuación: Para la representación de un sistema para dar desfogue a las precipitaciones que lleguen a presentarse en la localidad se diseña un drenaje pluvial y su correspondiente plan de evacuación empleando los programas Excel, Google Earth y AutoCAD Civil 3D.

IV. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis e interpretación de resultados

a) Estimación de los caudales

-Delimitación de la cuenca

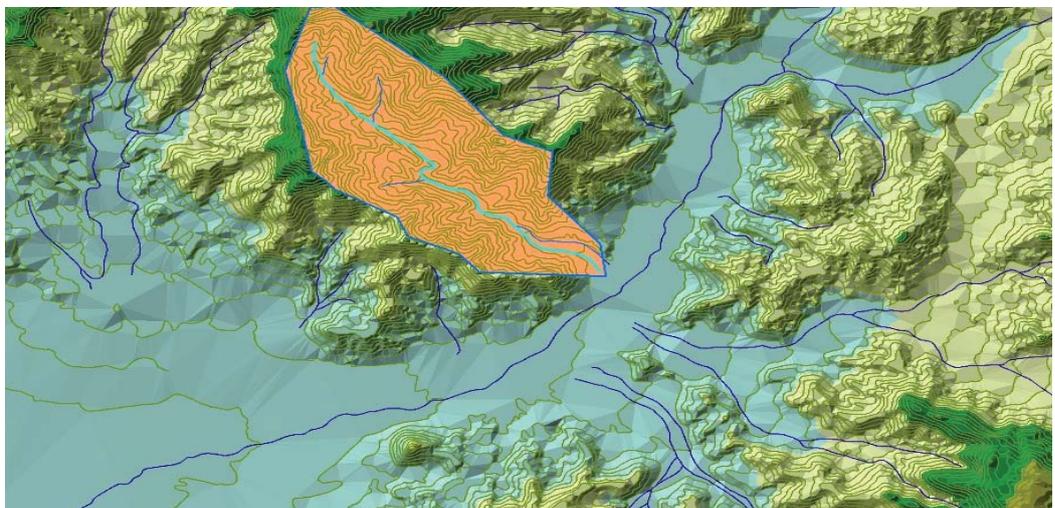
Para conocer los límites de una cuenca no solo se necesita conocer las zonas de mayor elevación, sino conocer como fluye en agua, teniendo en cuenta las elevaciones del terreno, considerando el análisis para flujo superficial.

Gracias a esto se puede conocer el nacimiento de los ríos que comprende cada cuenca y con ello obtener información que permita determinar las características geomorfológicas de la cuenca, en este caso se usó la herramienta ArcMap.

Para realizar la delimitación de la cuenca en mención se usaron cartas geográficas nacionales las cuales están disponibles en el Instituto Geográfico del Perú, la carta usada tiene como código 17-f, haciendo mención que se encuentra en la zona 17. En la siguiente figura, se muestra la cuenca delimitada que influye directamente en el asentamiento humano Bello horizonte, así como la red de drenaje de dicha cuenca.

Figura 6.

Cuenca delimitada influyente en el asentamiento humano Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Esta área delimitada se puede constatar con lo que realmente existe en esa zona con la ayuda del programa Google Earth.

Figura 7.

Delimitación de la cuenca ubicada en la zona de estudio con el programa Google Earth.



Nota: Autoría Propia.

-Características geomorfológicas de la cuenca

- Área

Con la ayuda del programa Arc Map se pudo calcular el área de la cuenca delimitada la cual tiene un área de 19.981 Km² y un perímetro de 19.938 km, la cual se califica como una cuenca muy pequeña como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Descripción de la cuenca en función de su tamaño

Tamaño de la cuenca (km)	Descripción
< 25	Muy pequeña
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia – pequeña
500 a 2500	Intermedia – grande
2500 a 5000	Grande
> 5000	Muy grande

Nota: Autoría Propia.

- Índice o factor de forma

Las cuencas pueden tener formas muy diferentes entre sí aun tratándose de cuencas vecinas o subcuencas de una misma cuenca. Esto influye en la respuesta de la cuenca ante la lluvia.

El parámetro que determina la forma de la cuenca es el índice o factor de forma, expresada en la relación entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud. Una cuenca con mayor índice de forma es más propensa a ser cubierta por una tormenta que otra con menor índice.

Se procede a calcular el ancho promedio:

Tabla 3.

Ancho promedio de la cuenca

Ancho promedio			
CUENCA	A (Km²)	L (Km)	Ap
RIO CHICAMA	19.98	8.69	2.30

Nota: Autoría Propia.

Se finaliza calculando el factor de forma:

Tabla 4.

Factor de forma de la cuenca

Factor de Forma			
CUENCA	Am (Km²)	L (Km)	Factor Forma
RIO CHICAMA	2.30	8.69	0.2646

Nota: Autoría Propia.

- Índice de compacidad o coeficiente de Gravellius

El índice de Gravellius es la relación entre el perímetro de la cuenca el perímetro de una circunferencia de igual área que la cuenca.

Si:

$K_c \approx 1$ denota una cuenca regular, más susceptibles a inundaciones y crecidas

$K_c > 1$ cuenca irregular, más alargada y menos susceptible a inundaciones.

Tabla 5.

Índice de compacidad de la cuenca

Índice de Compacidad			
CUENCA	P (Km)	A (Km ²)	KC
RIO CHICAMA	19.94	19.98	1.26

Nota: Autoría Propia.

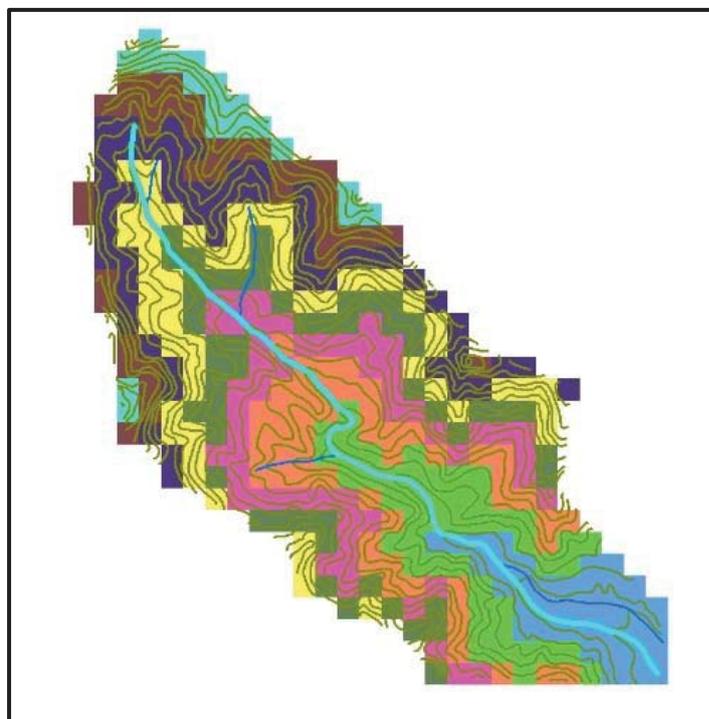
- Rectángulo equivalente

El rectángulo equivalente no es más que una representación de la cuenca en forma rectangular manteniendo el área, perímetro y Kc.

Para esto con la ayuda del programa ArcMap, dividiremos nuestra cuenca en 9 áreas parciales tal como se muestra en la siguiente figura, con lo cual, se obtienen los datos de sus áreas y cotas mínimas y máximas.

Figura 8.

Rectángulo equivalente de la cuenca.



Nota: Autoría Propia.

Tabla 6.

Datos de áreas parciales extraído del programa ArcMap.

ÁREA PARCIAL	ÁREA (m ²)	ÁREA (Km ²)	COTA MIN (m)	COTA MÁX (m)
1	1846539.89	1.85	250.00	375.35
2	2345604.72	2.35	383.69	505.11
3	2545230.65	2.55	511.83	611.42
4	2645043.62	2.65	616.31	714.41
5	2545230.65	2.55	720.02	815.73
6	2744856.59	2.74	822.98	928.72
7	2744856.59	2.74	936.36	1056.50
8	1846539.89	1.85	1060.25	1200.00
9	898316.701	0.90	1218.69	1506.23

Nota: Autoría Propia.

A partir de estos datos se calculará los rectángulos equivalentes para la cuenca de estudio y las nueve áreas parciales, para ello usaremos las siguientes formula:

$$L = \frac{KC\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KC} \right)^2} \right)$$

$$I = \frac{KC\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{KC} \right)^2} \right)$$

Se obtienen los lados del rectángulo equivalente de lado mayor (L) =7.31 km y lado menor (I) =2.73 km, junto con esto se calcularán las áreas parciales teniendo en cuenta que el lado menor se mantiene constante:

Tabla 7.

Datos de lados de los rectángulos.

Nº RECTÁNGULO	COTA (msnm)	DIFERENCIA (msnm)	li (km)
0	250	0	0
1	384	134	0.78
2	512	128	0.75
3	616	104	0.61
4	720	104	0.60
5	823	103	0.60
6	936	113	0.66
7	1060	124	0.72
8	1219	158	0.92
9	1506	288	1.67

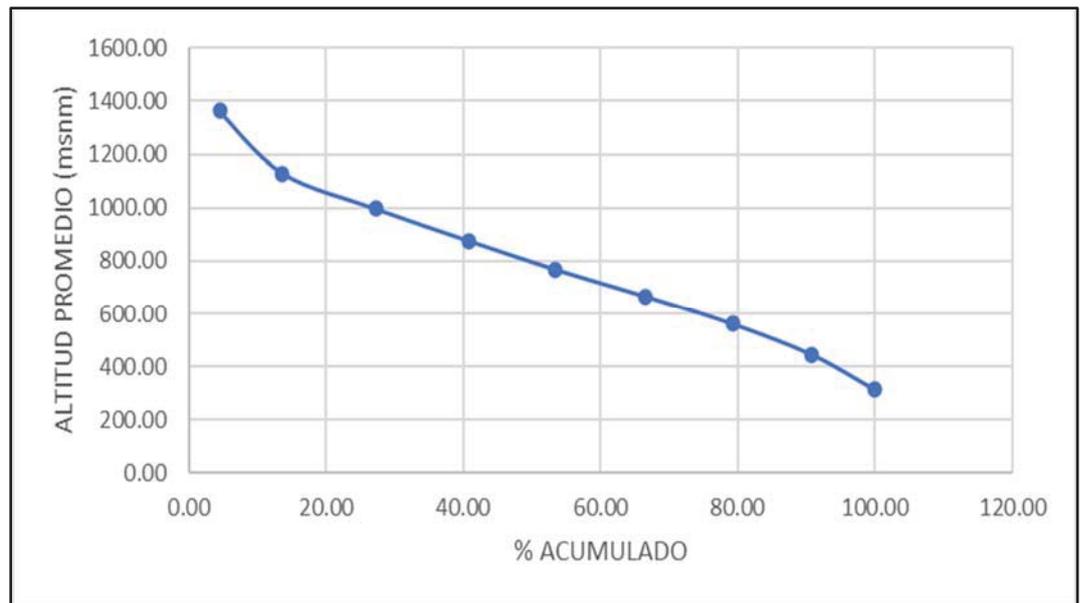
Nota: Autoría Propia.

- Curva hipsométrica

La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la elevación de una cuenca, en la cual puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

Figura 9.

Curva hipsométrica de la cuenca.



Nota: Autoría Propia.

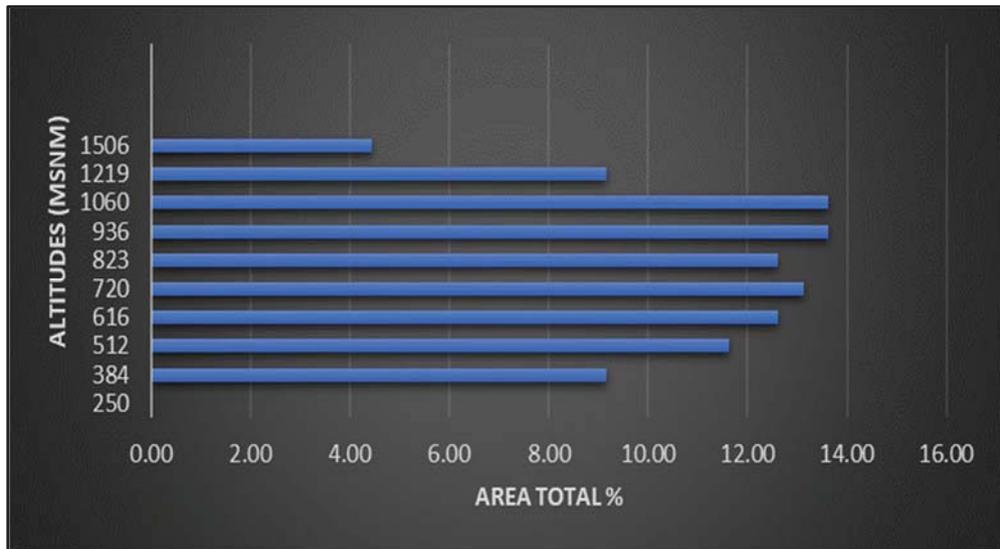
La curva mostrada en el gráfico refleja una cuenca en equilibrio representativa de una cuenca en fase de madurez, es decir del tipo B.

- Distribución altimétrica de la cuenca

La distribución altimétrica permite observar la distribución de las áreas parciales en relación con las altitudes. Las pendientes medias variarán de acuerdo con las geoformas y con las características propias del sistema de avenamiento. En la siguiente figura se muestra dicha distribución.

Figura 10.

Distribución altimétrica de la cuenca.



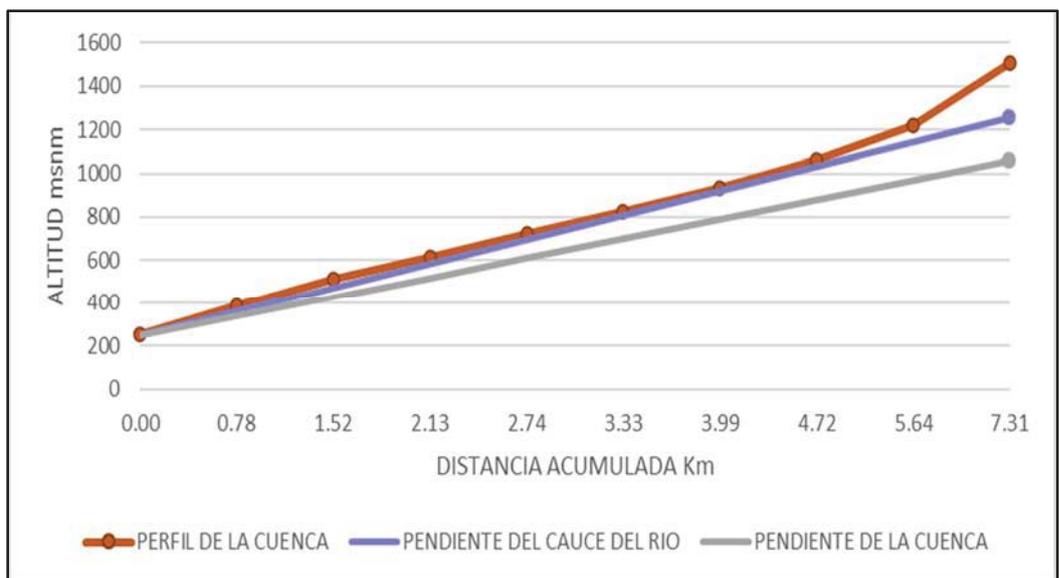
Nota: Autoría Propia.

- Perfil Longitudinal de la cuenca y el cauce del río

El perfil longitudinal de la cuenca se calculó mediante la división de la diferencia de cotas y la longitud del cauce mayor resultando una pendiente de 14.56% y la pendiente del cauce del río se calculó mediante el método de Taylor y Schwarz obteniendo una pendiente de 17.18%.

Figura 11.

Perfil longitudinal de la cuenca



Nota: Autoría Propia.

-Determinación de caudales máximos

Para determinar los caudales máximos para distintos periodos de retorno se necesitan datos pluviográficos para ello usaremos los datos de la estación de Laredo, extraídos de la página de Senamhi, en la siguiente ilustración se muestra la proximidad de la estación a la cuenca en estudio, motivo por el cual se decidió usar estos datos.

Figura 12.

Ubicación de la estación meteorológica Laredo.

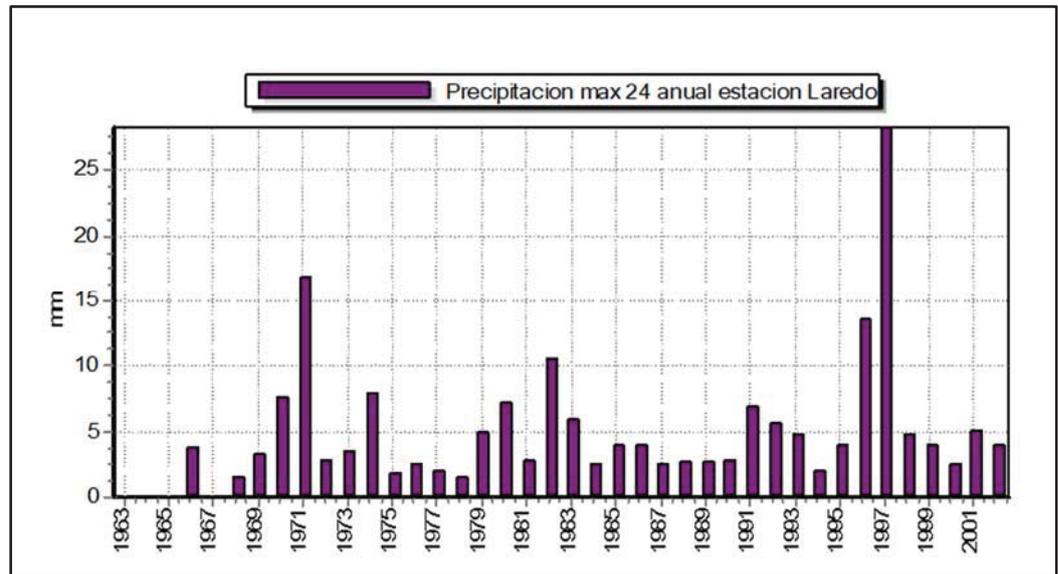


Nota: Autoría Propia.

A partir de los datos de precipitación diaria, se obtienen las precipitaciones máximas diarias anuales las cuales están detalladas en el siguiente gráfico en la cual evidenciamos que en año de 1997 se produjo la mayor lluvia diaria registrada en el periodo mostrado.

Figura 13.

Precipitaciones máximas anuales de la estación meteorológica Laredo.

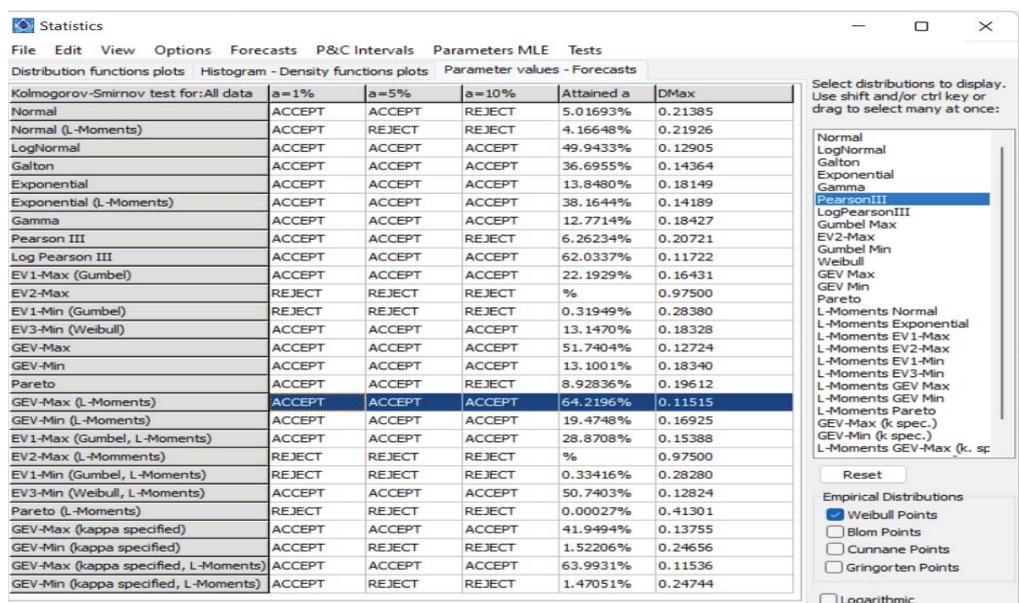


Nota: Autoría Propia.

Con dichos datos mostrados, se calculan las lluvias que se generarían para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50, 100 años, por medio del ajuste de los datos de la estación Laredo a una función estadística, empleando en este caso el programa Hydrognomon 4 para realizar el test Kolmogorov – Smirnov que permita determinar ello:

Figura 14.

Resultados del test Kolmogorov-Smirnov.

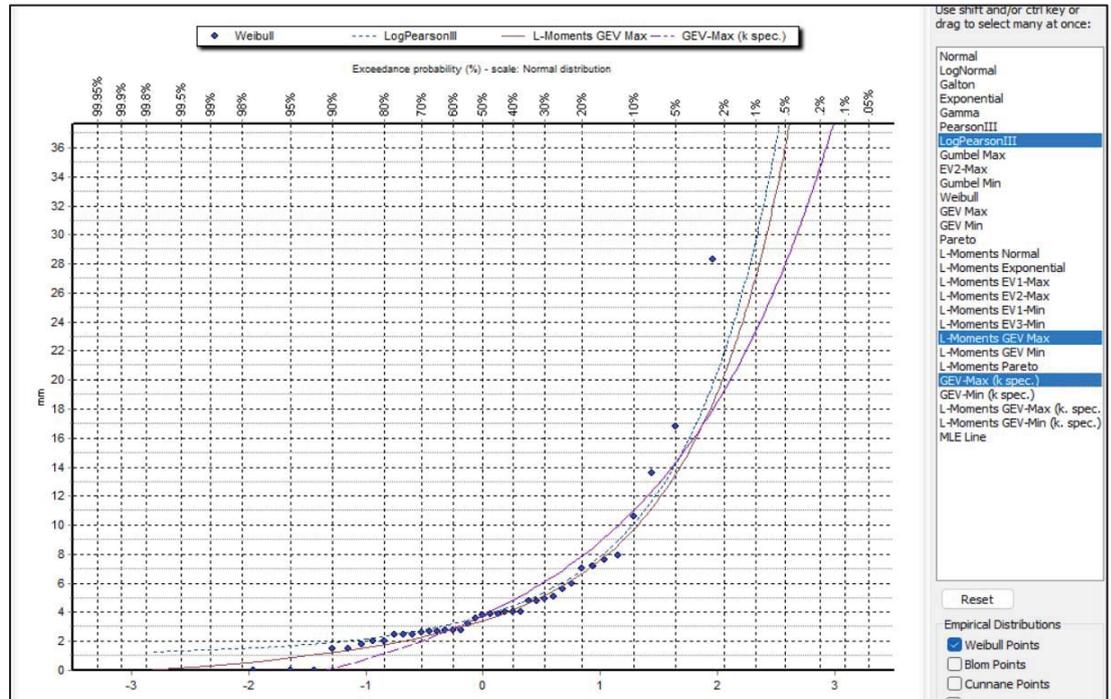


Nota: Autoría Propia.

En la siguiente figura se aprecia que las funciones estadísticas que más se ajustan a los datos son las funciones de LogPearson III, GEV-Max (L-Moments), GEV-Max (kappa specified).

Figura 15.

Representación gráfica del test Kolmogorov-Smirnov



Nota: Autoría Propia.

A partir del análisis realizado en el programa Hydrognomon 4, se determina que la función estadística que más se ajusta es GEV-Max (L-Moments), con la cual obtendremos las precipitaciones para los periodos de retorno ya mencionados.

Tabla 8.

Precipitaciones máximas para los períodos de retorno a analizar.

TR	P _{máx} (mm)
2	3.4
5	6.7
10	9.7
25	15.0
50	20.3
100	27.1

Nota: Autoría Propia.

- **Curva IDF**

Para realizar las curvas IDF usaremos los coeficientes de distribución aplicables en toda la geografía nacional obteniendo las intensidades de tormenta para una serie de duraciones, los datos obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 9.

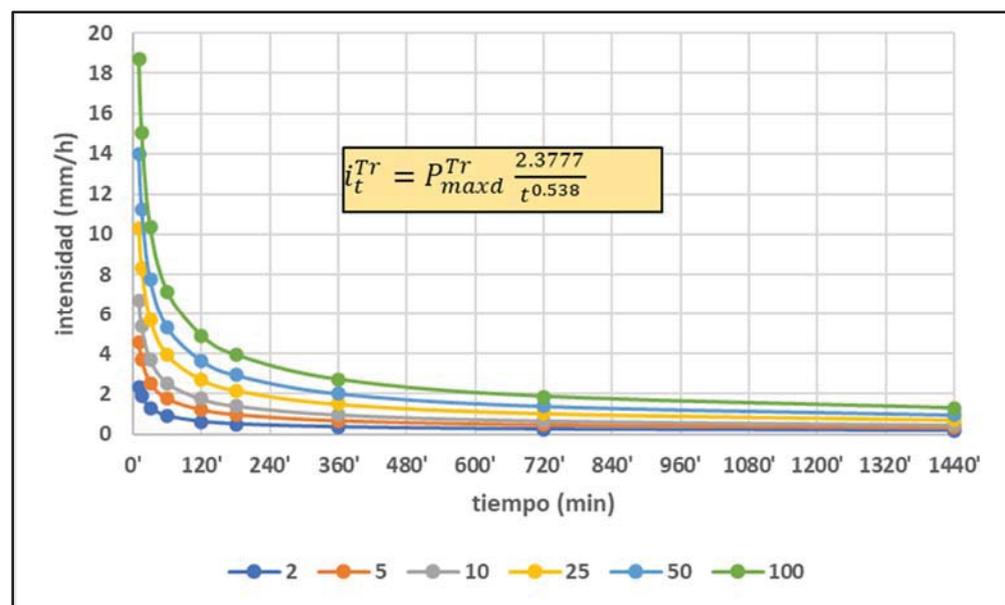
Intensidades de tormenta.

Modelo		Coeficientes de duración								
probabilístico		0.689	0.554	0.381	0.263	0.181	0.145	0.100	0.069	0.048
Tr (años)	P _{máxd} (mm)	10'	15'	30'	60'	120'	180'	360'	720'	1440'
2	3.4	2.4	1.9	1.3	0.9	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2
5	6.7	4.6	3.7	2.5	1.8	1.2	1.0	0.7	0.5	0.3
10	9.7	6.7	5.4	3.7	2.5	1.8	1.4	1.0	0.7	0.5
25	15.0	10.3	8.3	5.7	3.9	2.7	2.2	1.5	1.0	0.7
50	20.3	14.0	11.2	7.7	5.3	3.7	3.0	2.0	1.4	1.0
100	27.1	18.7	15.0	10.4	7.1	4.9	3.9	2.7	1.9	1.3

Nota: Autoría Propia.

Figura 16.

Curvas IDF



Nota: Autoría Propia.

- **Cálculo de caudales con el método racional**

Con el método racional se obtienen los siguientes caudales máximos:

Tabla 10.

Resultados de caudales-método racional.

Modelo probabilístico		Tiempo concentración	Coef. De escorrentía f(Tr) c	Área de la cuenca A (km ²)	Q (m ³ /s)
Tr (años)	Pmáxd (mm)	46'			Método Racional
2	3.43232	1.05	0.20	19.98	1
5	6.66315	2.03	0.25	19.98	3
10	9.69329	2.95	0.28	19.98	5
25	14.9643	4.56	0.31	19.98	8
50	20.2777	6.18	0.35	19.98	12
100	27.1329	8.27	0.39	19.98	18

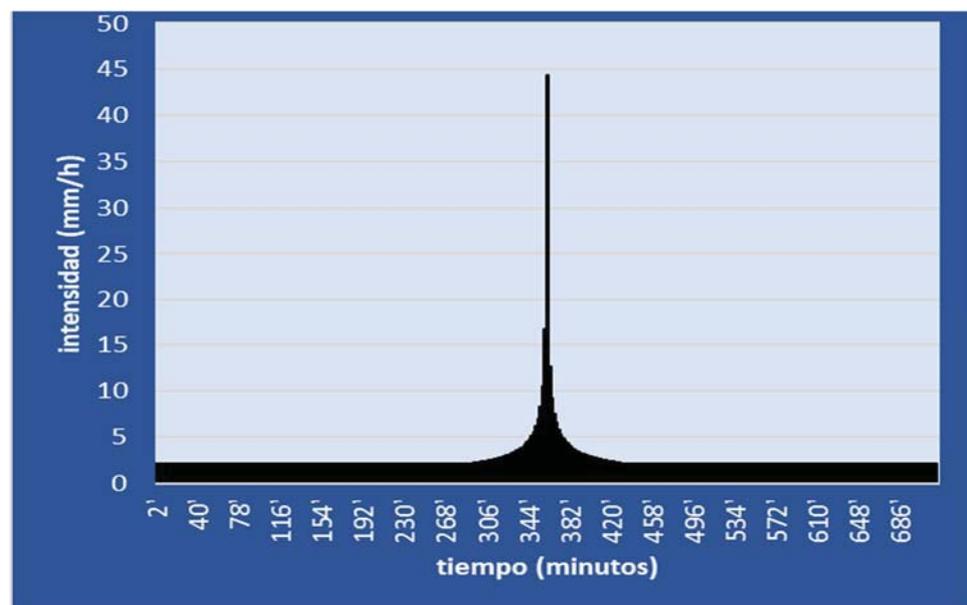
Nota: Autoría Propia.

- **Cálculo de caudales con el método de convolución**

Se obtiene primeramente el hietograma efectivo a partir de las precipitaciones máximos para un periodo de retorno determinado, en la siguiente figura se muestra el hietograma efectivo para un periodo de retorno de 100 años.

Figura 17.

Hietograma de diseño efectivo.

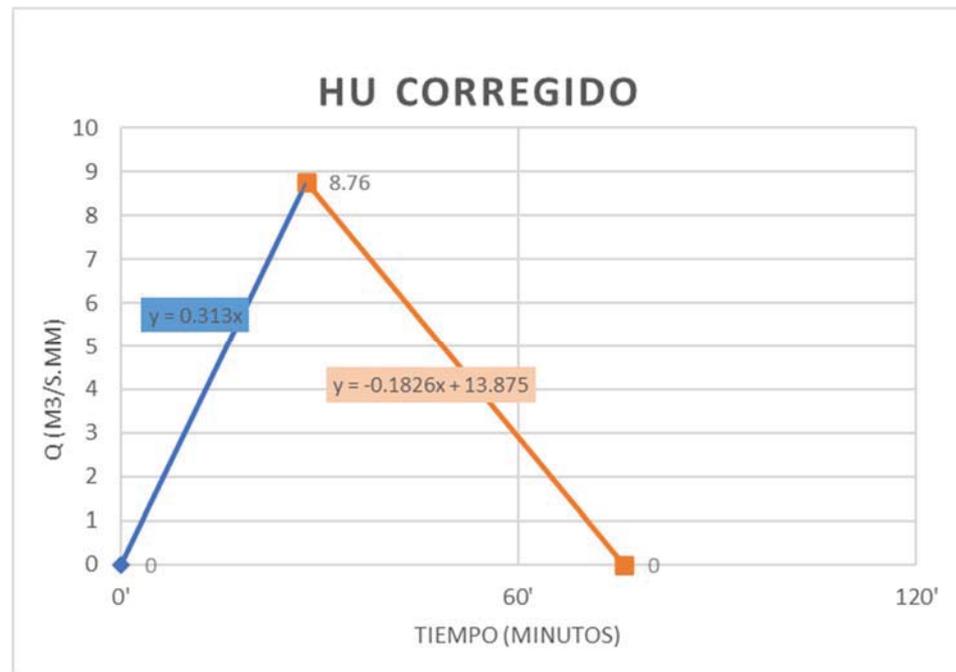


Nota: Autoría Propia.

El hidrograma unitario muestra el cambio en el caudal, o flujo, por unidad de escorrentía a lo largo del tiempo; en otras palabras, muestra cómo la adición de una unidad de escorrentía influirá en el caudal de un río con el tiempo.

Figura 18.

Hidrograma unitario.



Nota: Autoría Propia.

Aplicando el método de convolución se obtienen los siguientes caudales máximos para distintos periodos de retorno.

Tabla 11.

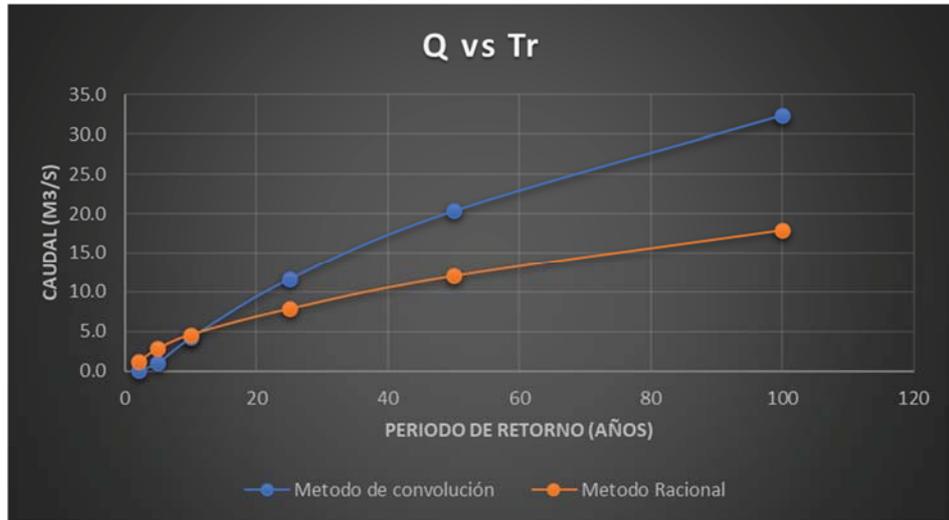
Resultados de caudales-método de convolución

Tr (años)	2	5	10	25	50	100
Método de convolución	0.1	1.1	4.2	11.7	20.4	32.4

Nota: Autoría Propia.

Figura 19.

Gráfica de caudales vs períodos de retorno del método de convolución.



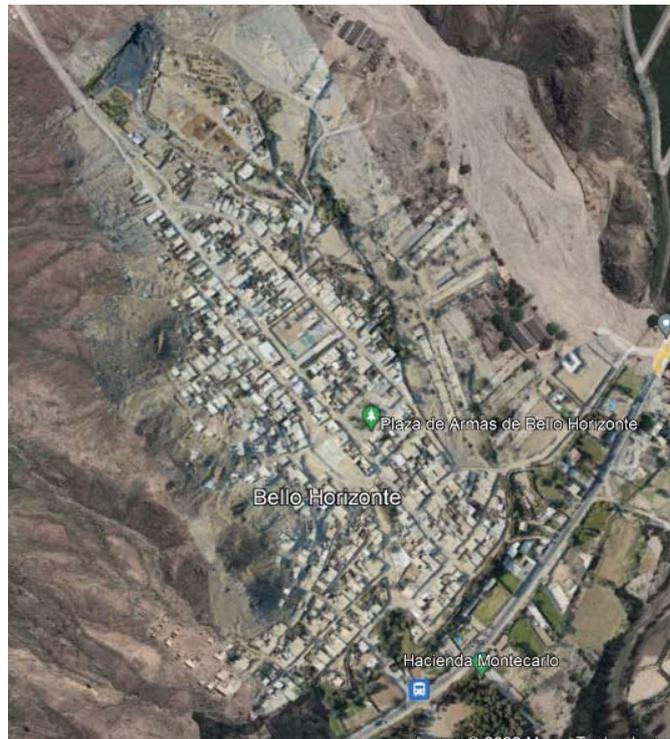
Nota: Autoría Propia.

b) Levantamiento topográfico del C.P Bello Horizonte

El Levantamiento topográfico se realizó en el centro Poblado Bello Horizonte, perteneciente a La Libertad, Perú.

Figura 20.

Centro Poblado Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

• Equipos y personal empleado

Personal Técnico

Técnico en topografía

Bachiller. Cabellos Montoya Marlon

Bachiller. Chuquipoma Hilario Roger

Apoyo de Movilidad

<u>Equipo Topográfico</u>	<u>Cantidad</u>
Dron WingtraOne Rx1R II	01 Unidad
Estación Total TOPCON	01 Unidad
Computadora Laptop	01 Unidad
Winchas de 50m	01 Unidad
Winchas de 5m	01 Unidad

• Procedimiento

Respecto a los trabajos planimétricos en campo del levantamiento, se siguió el siguiente procedimiento:

1. Colocación de puntos de control para poder en el programa del dron hacer las reconstrucciones sin problemas, con ayuda de Estación total para mayor precisión.
2. Empleo de dron de última generación para obtener orto foto.
3. Colocación de clavos de calamina con cinta de seguridad para indicar los ejes y comienzo del levantamiento antes mencionado.
4. Monumentación de estaciones o puntos de control en todo el tramo del trazo definido, para así poder replantear fácilmente todo el eje de la vía diseñada.

• Análisis y procesamiento de la información de campo

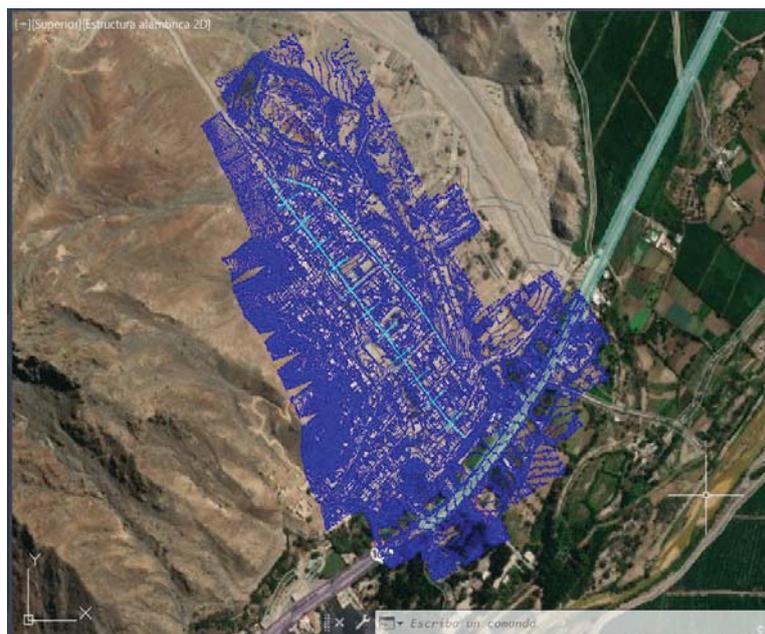
Los trabajos que se han realizado en campo, han permitido obtener 6 puntos de fotocontrol de la zona en estudio, y además de obtener datos de una estación base. Para poder hacer el procesamiento de datos y poder corregir las coordenadas se usó el software Trimble Business Center, con el cuál se apoyó para poder realizar el cálculo de coordenadas Este, Norte y la respectiva Elevación de cada punto.

Posteriormente al cálculo de los puntos de fotocontrol, gracias al levantamiento con dron y las 698 fotografías se usó el software Pix4DMapper, el cual ayuda a procesar gran cantidad de fotos, y corregir errores en las fotos de forma automatizada.

Gracias a este proceso se pudo obtener la ortofoto deseada del lugar en estudio.

Figura 21.

Procesamiento de la topografía del C.P. Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

c) Estudio de suelos del C.P Bello Horizonte

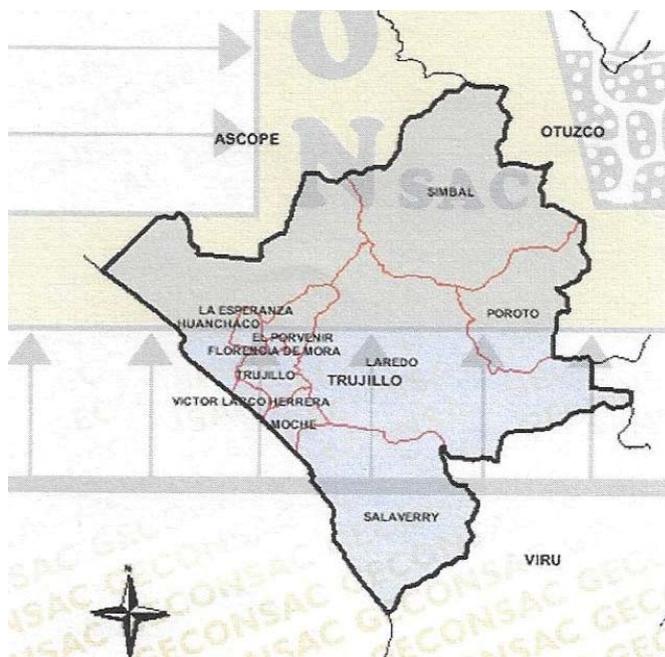
La ubicación del proyecto fue la localidad de Bello Horizonte, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad.

En este apartado, se mostrará todos los resultados obtenidos en Laboratorio, donde se ensayaron las muestras de suelo obtenidas.

Para ello, se realizó en total una (01) calicata a cielo abierto con una profundidad de 1.50 m. distribuido convenientemente en el área de estudio.

Figura 22.

Ubicación del distrito de Laredo en la provincia de Trujillo.



Nota: Autoría Propia.

Para determinar el perfil estratigráfico del área de estudio fueron extraídas muestras para el posterior ensayo de laboratorio para determinar las propiedades físicas del suelo en la zona explorada de los sectores mencionados en líneas arriba.

Los ensayos estándar y físico mecánicos se realizaron en el Laboratorio Geotécnico de la empresa GEOCONSAC, según los estándares de la ASTM, tales como:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422.
- Contenido de humedad ASTM D-2216.
- Límite Líquido ASTM D-423.
- Límite Plástico ASTM D-424.

Se tomaron muestras de cada uno de los tipos de suelo encontrados en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de los suelos. Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, teniendo en cuenta las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor,

humedad, tipo de grano, plasticidad, consistencia, granulometría, textura, color, etc.

Además, los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), según se muestra en el siguiente cuadro y en las diversas zonas en que se ha realizado exploraciones para el proyecto definitivo.

- **Análisis granulométrico por tamizado**

El análisis granulométrico nos permitirá clasificar el suelo, en la siguiente tabla se muestra los porcentajes pasantes de cada muestra por los respectivos tamices o mallas.

Tabla 12.

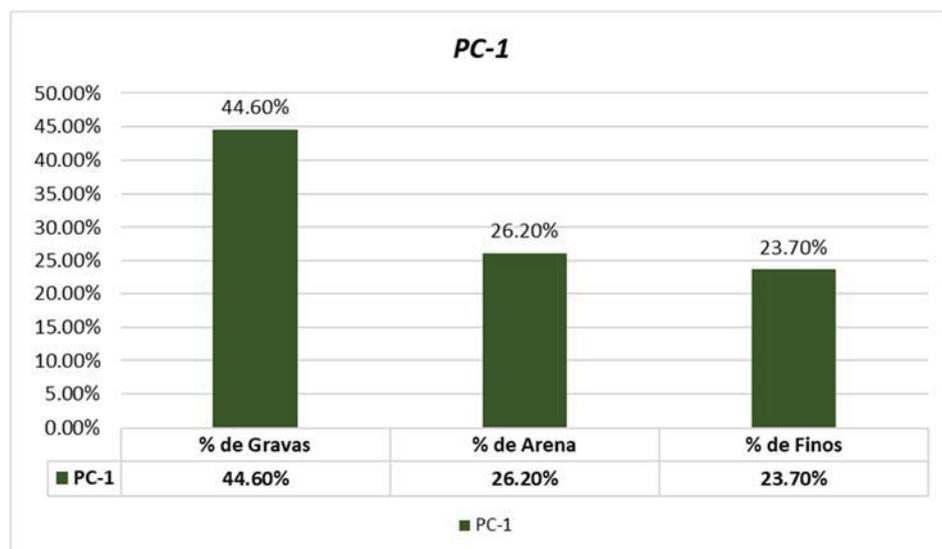
Porcentaje de la composición de las muestras

MUESTRA	PC-1
% de Gravas	44.6%
% de Arenas	26.2%
% de Finos	23.7%

Nota: Autoría Propia.

Figura 23.

Representación de resultados de composición de las muestras



Nota: Autoría Propia.

En la tabla N°12 se clasifica al suelo de acuerdo al tamaño de las partículas, es decir, en base al porcentaje de su composición. Para la muestra PC-1 se tiene un porcentaje de 44.60% de gravas, 26.20% de arenas y 23.70% de finos.

- **Contenido de Humedad**

El contenido de humedad nos da una aproximación al contenido óptimo de humedad que debe tener el suelo para una buena compactación.

Tabla 13.

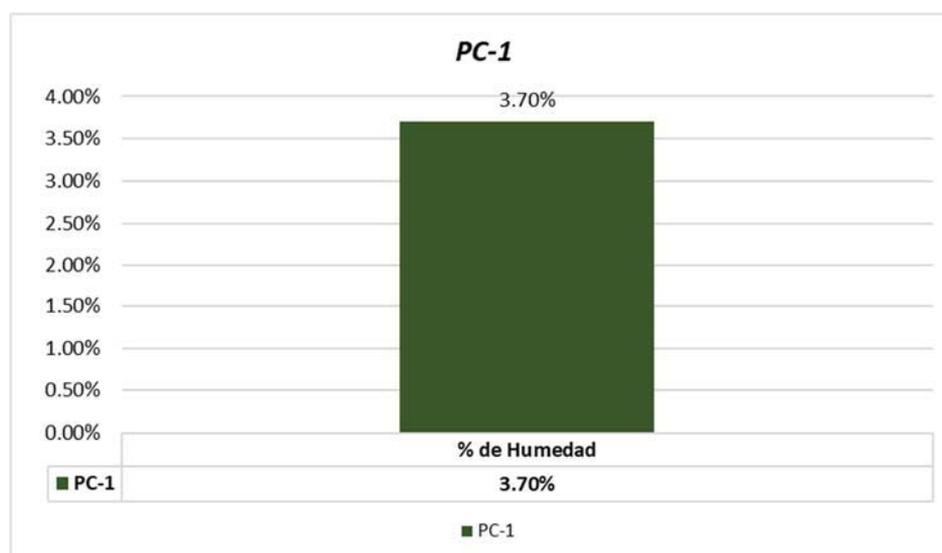
Resultados de Contenido de Humedad Natural

MUESTRA	Contenido de humedad
PC-1	3.7%

Nota: Autoría Propia.

Figura 24.

Representación de resultados de contenido de humedad



Nota: Autoría Propia.

En la Tabla N°13, se visualiza los datos del contenido de humedad natural de las muestras analizadas. Para el caso de la muestra PC-1, el porcentaje de contenido de humedad fue de 3.7%.

- **Límites de consistencia**

Permite determinar la plasticidad de las muestras según los valores obtenidos en base a los límites líquidos y plásticos.

Tabla 14.

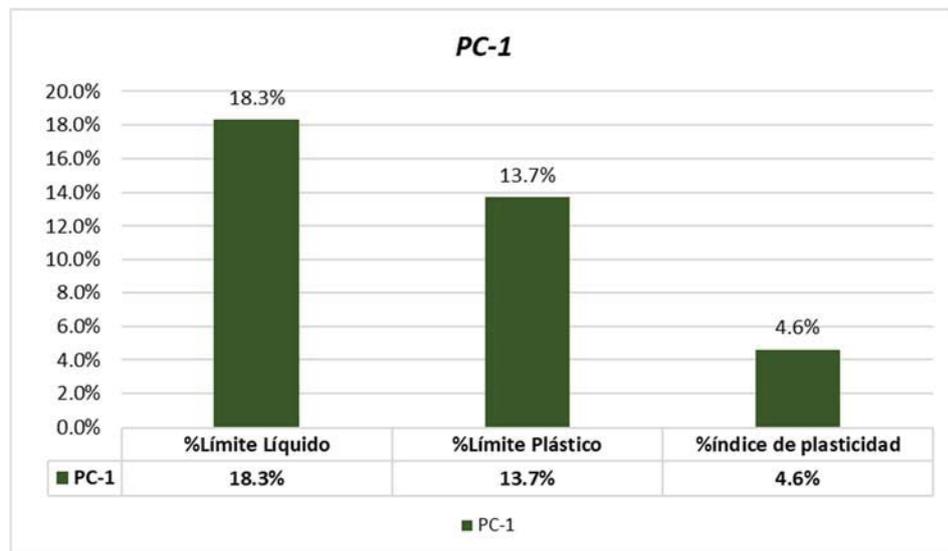
Resultados de límites de consistencia

MUESTRA	PC-1
%Límite Líquido	18.3%
%Límite Plástico	13.7%
%de Índice de Plasticidad	4.6%

Nota: Autoría Propia.

Figura 25.

Representación de resultados de límites de consistencia.



Nota: Autoría Propia.

En la tabla N°14, se encuentran los resultados obtenidos de los límites de Consistencia, en donde para la muestra PC-1, se determinó el porcentaje de Límite Líquido que fue de 18.3%, a los 25 golpes mediante la Copa de Casa Grande, así como el porcentaje de límite plástico con 13.7% para la muestra y con los valores de dichos límites se puede calcular el porcentaje de Índices de Plasticidad para la muestra, siendo 4.6% respectivamente.

Debido a que los valores del índice de plasticidad resultaron menores a 7%, se puede manifestar que se tratan de suelos de baja plasticidad.

- **Clasificación SUCS y AASHTO**

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), según se muestra en el siguiente cuadro y en las diversas zonas en que se ha realizado exploraciones para el proyecto definitivo.

Tabla 15.

Clasificación de la muestra

CALICATA N°	PROF. (m)	CLASIFICACIÓN SUCS
PC-1	-0.00 a -1.50	Grava limo arcillosa con arena (GC-GM)

Nota: Autoría Propia.

Según la Tabla N°15, para la muestra PC-1, según la clasificación SUCS es un suelo tipo Grava limo arcilloso con arena (GC-GM). Clasificado en el sistema "AASHTO", como un suelo "A-1-b (0)".

- **Proctor modificado (ASTM D-1557)**

Permite determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada, Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Tabla 16.

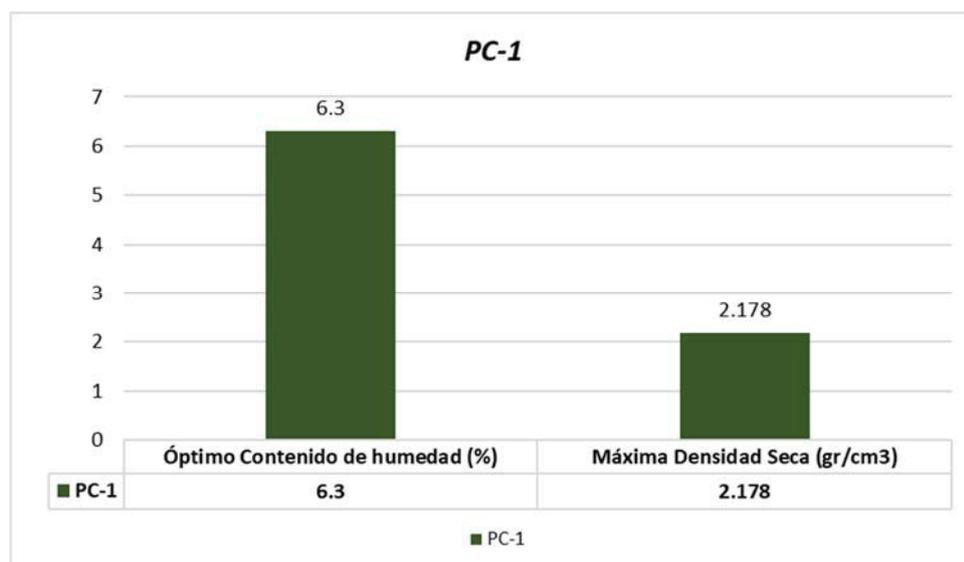
Resultados Proctor modificado.

Cali.	Muest.	Prof. (m)	Clasificación (SUCS- AASHTO)	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
PC-1	M-1	0.00 a 1.50	GC-GM/A-1-b (0)	6.3	2.178

Nota: Autoría Propia.

Figura 26.

Representación de resultados de Proctor modificado.



Nota: Autoría Propia.

En la Tabla N°16, se visualiza los valores de Máxima Densidad Seca (MDS) y Óptimo contenido de Humedad (OCH) respecto a las muestras analizadas. Para el caso de la muestra PC-1, la MDS fue de 2.178 gr/cm³ y el OCH fue de 6.30%.

- **California Bearing Ratio – CBR (ASTM D-1883)**

El CBR es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

Tabla 17.

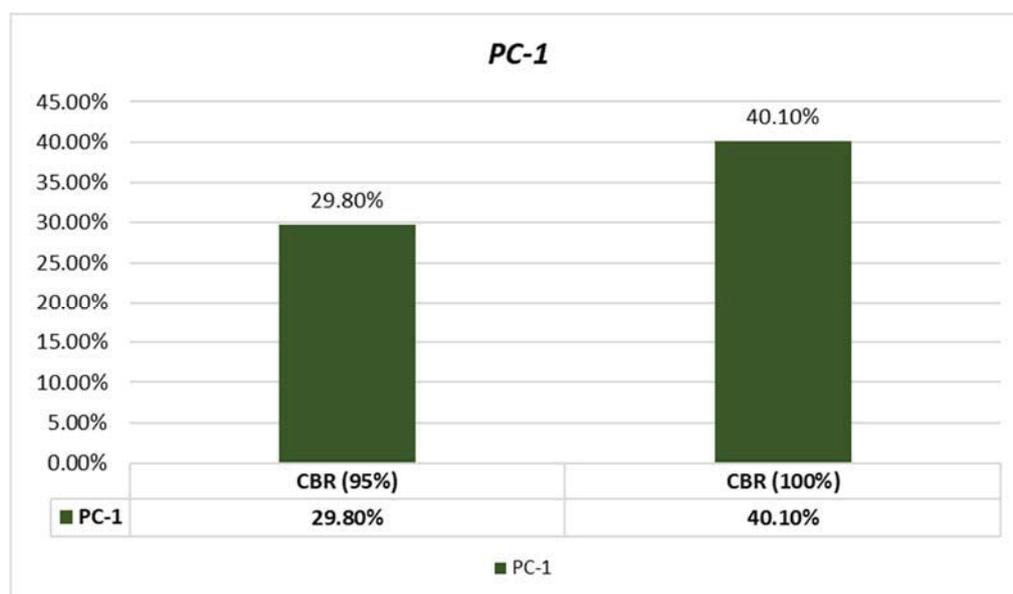
Resultados CBR.

Cali.	Muest.	Clasificación (SUCS- AASHTO)	OCH (%)	MDS (gr/cm3)	CBR (95%)	CBR (100%)
PC-1	M-1	GC-GM/A-1-b (0)	6.3	2.178	29.8	40.1

Nota: Autoría Propia.

Figura 27.

Representación de resultados de CBR



Nota: Autoría Propia.

En la Tabla N°17, se visualiza los valores de CBR al 95 y 100% respecto a las muestras analizadas. Para el caso de la muestra PC-1, el CBR (95%) presentó una resistencia del 29.80% y el CBR (100%) presentó una resistencia de 40.10%.

d) Características hidráulicas de la cuenca de estudio

Con ayuda del Software HECRAS, se podrá obtener las características hidráulicas, que consiste en importar al software la topografía a fin de que nos proporcione secciones transversales tales que nos permita poder conocer con mejor precisión como es la orografía de la cuenca.

- **Calle 28 de Julio**

En primer lugar, se definen los caudales de ingreso según los períodos de retorno analizados y el coeficiente de Manning, que para este caso se tomara de 0.025:

Tabla 18.

Caudales ingresados calle 28 de Julio

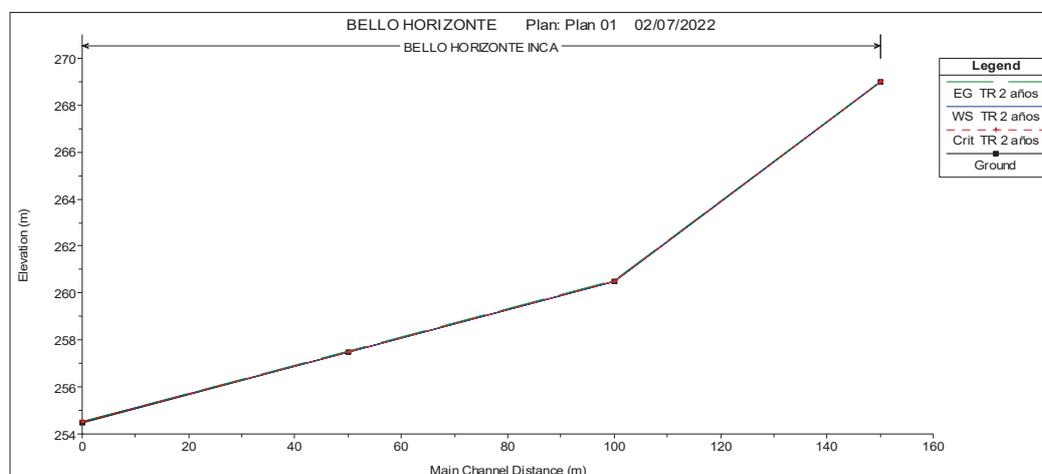
Tr (años)	Método de convolución	Reducción	Q ingreso
2	0.13	0.25	0.03
5	1.09	0.25	0.27
10	4.24	0.25	1.06
25	11.7	0.25	2.92
50	20.4	0.25	5.1
100	32.4	0.25	8.11

Nota: Autoría Propia.

Luego se definen los Perfiles Longitudinales de la calle 28 de julio para cada periodo de retorno:

Figura 28.

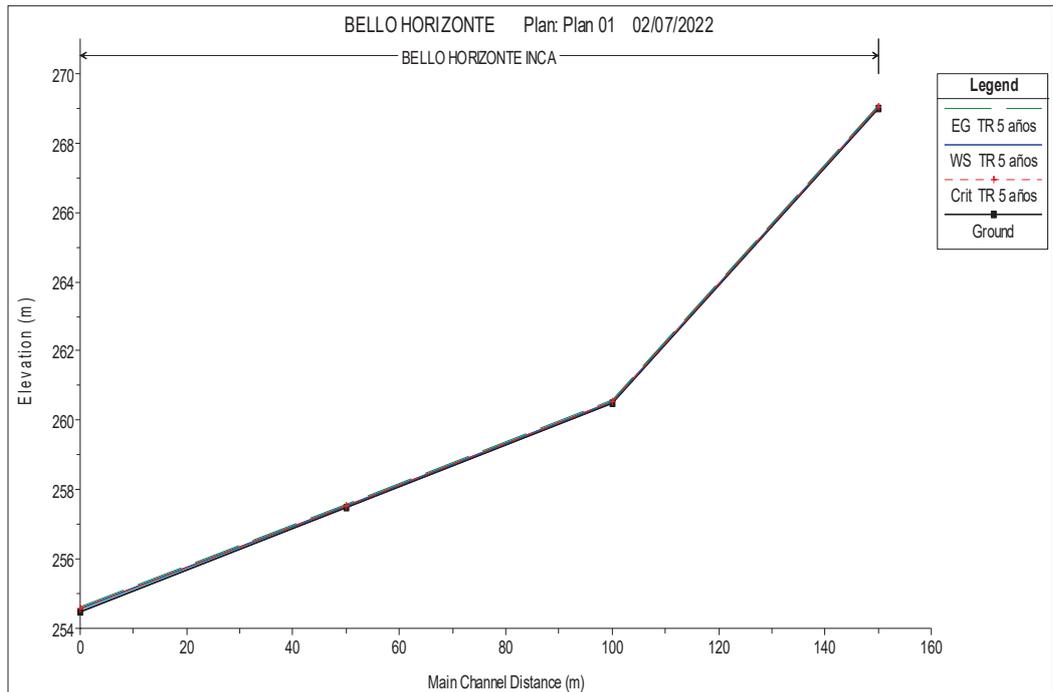
Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para Tr=2 años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 29.

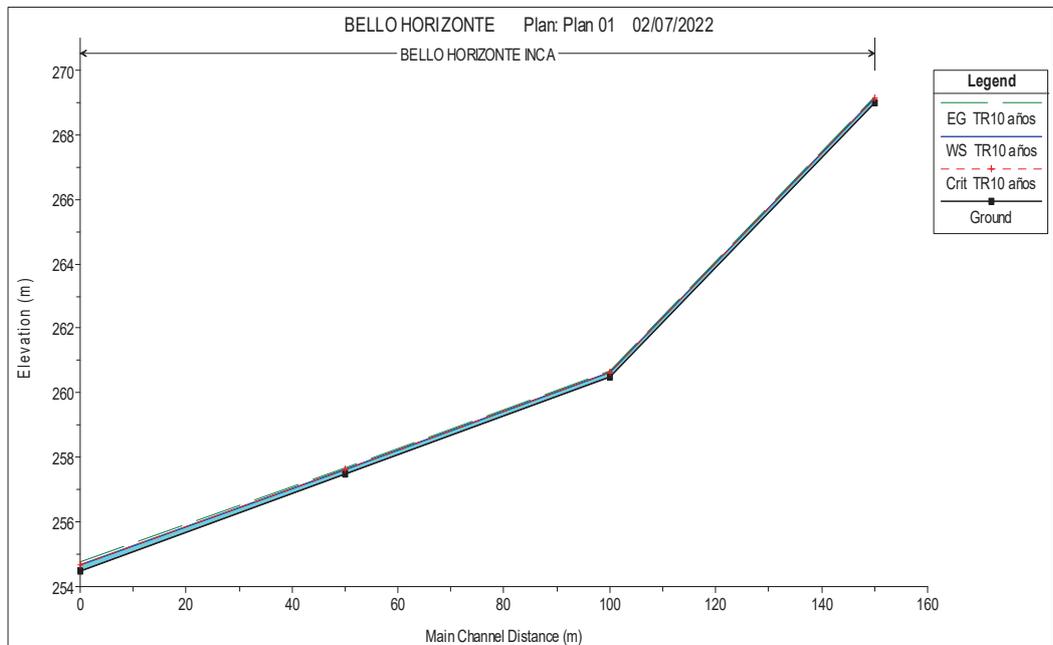
Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para $Tr=5$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 30.

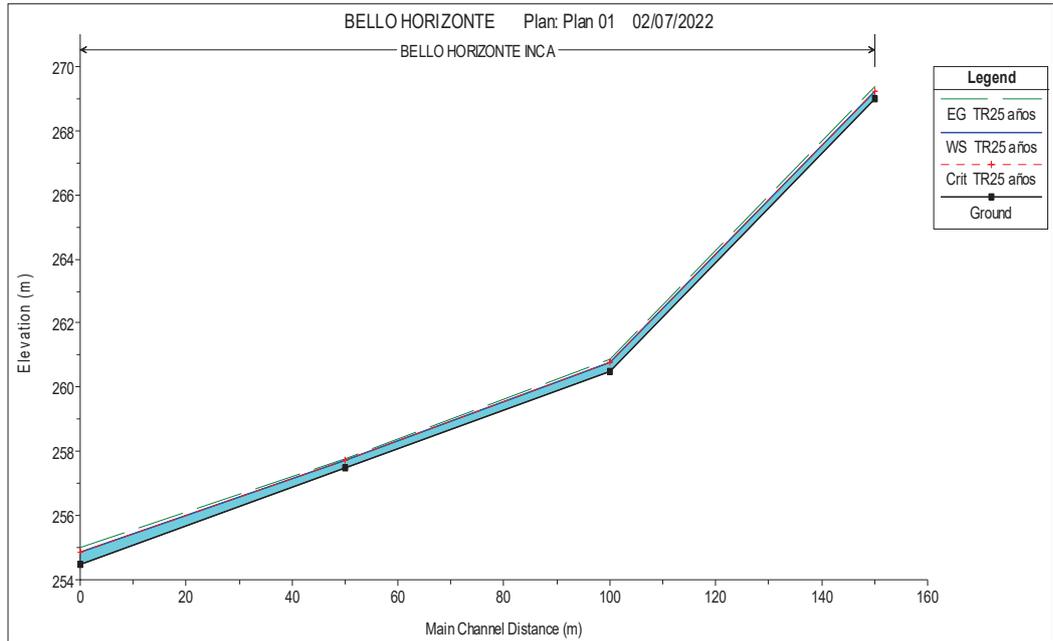
Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para $Tr=10$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 31.

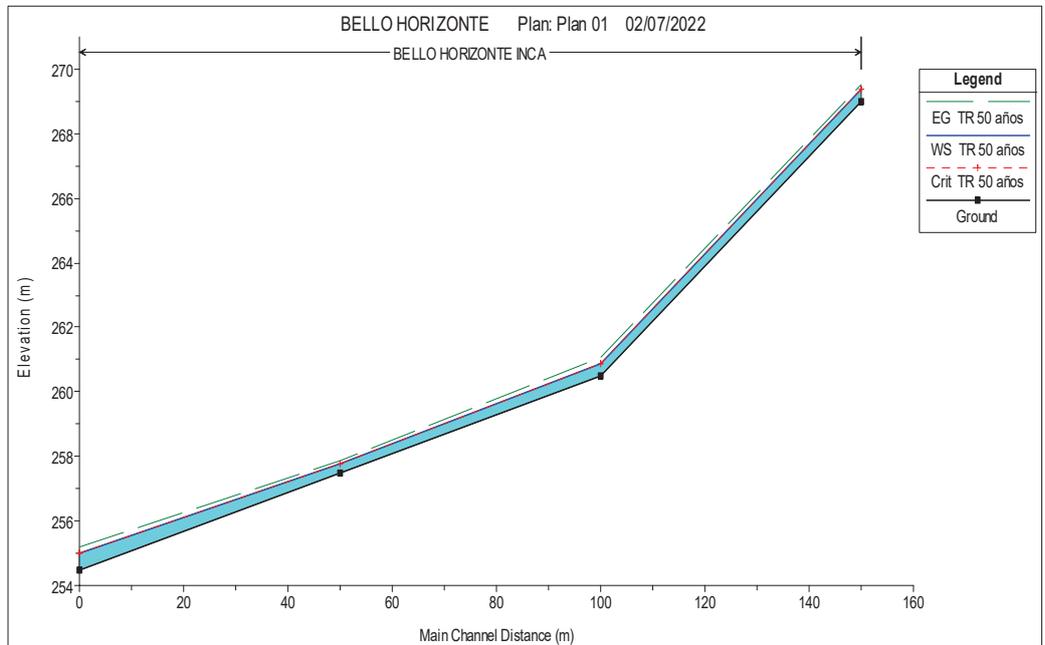
Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para $Tr=25$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 32.

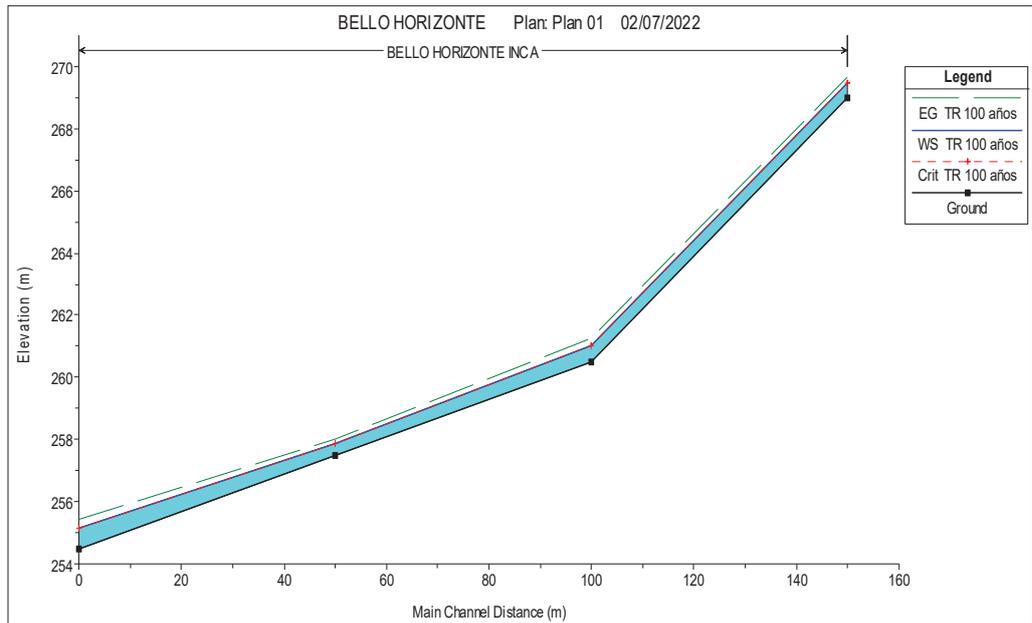
Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para $Tr=50$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 33.

Perfil Longitudinal Calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.

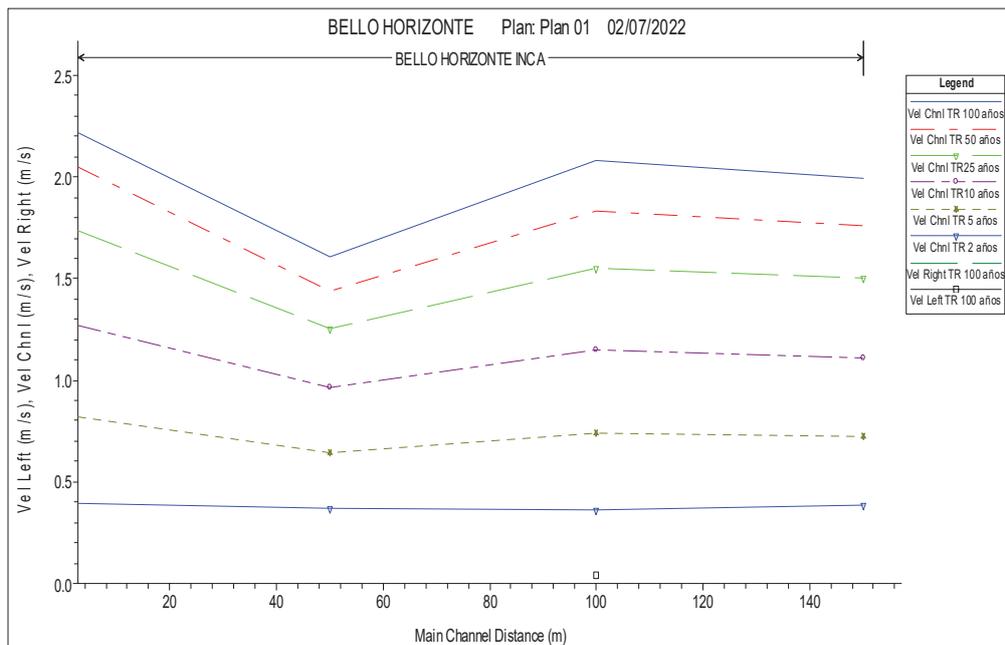


Nota: Autoría Propia.

Asimismo, se definen las velocidades de agua para los distintos períodos de retorno.

Figura 34.

Velocidades para todos los Tr analizados de la Calle 28 de Julio.



Nota: Autoría Propia.

Posteriormente, se definen los datos con respecto al período de retorno de 100 años:

Figura 35.

Datos hidráulicos $Tr=100$ años de la calle 8 de Julio.

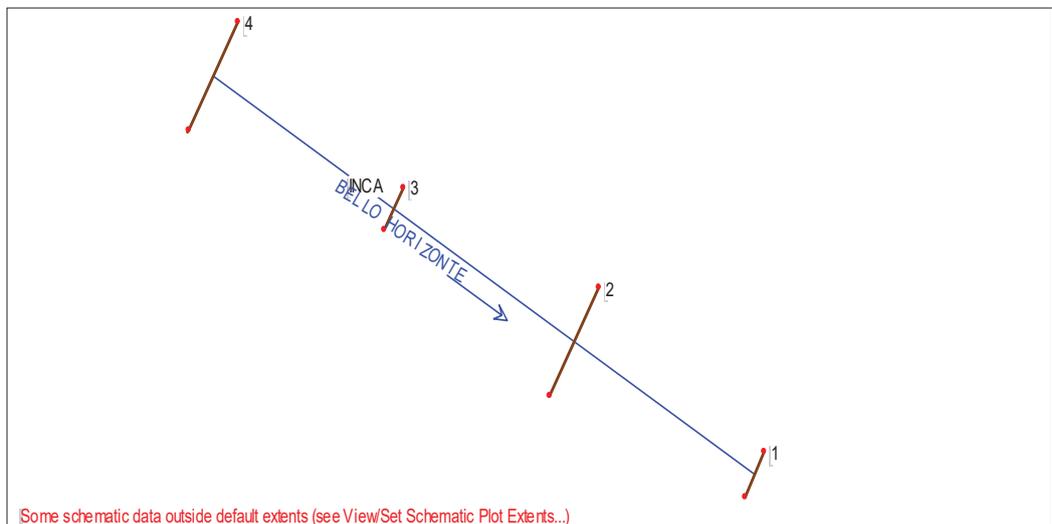
River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
4	TR 100 años	269.69	269.48	0.20	0.44	0.00		8.11		10.22
3	TR 100 años	261.24	261.01	0.22	0.46	0.03	0.00	8.11		8.86
2	TR 100 años	257.99	257.86	0.13	0.45	0.01		8.11		19.51
1	TR 100 años	255.42	255.17	0.26				8.11	0.00	7.00

Nota: Autoría Propia.

Con ello, se define el tirante hidráulico por cada sección de la calle analizada; siendo en este caso un total de cuatro:

Figura 36.

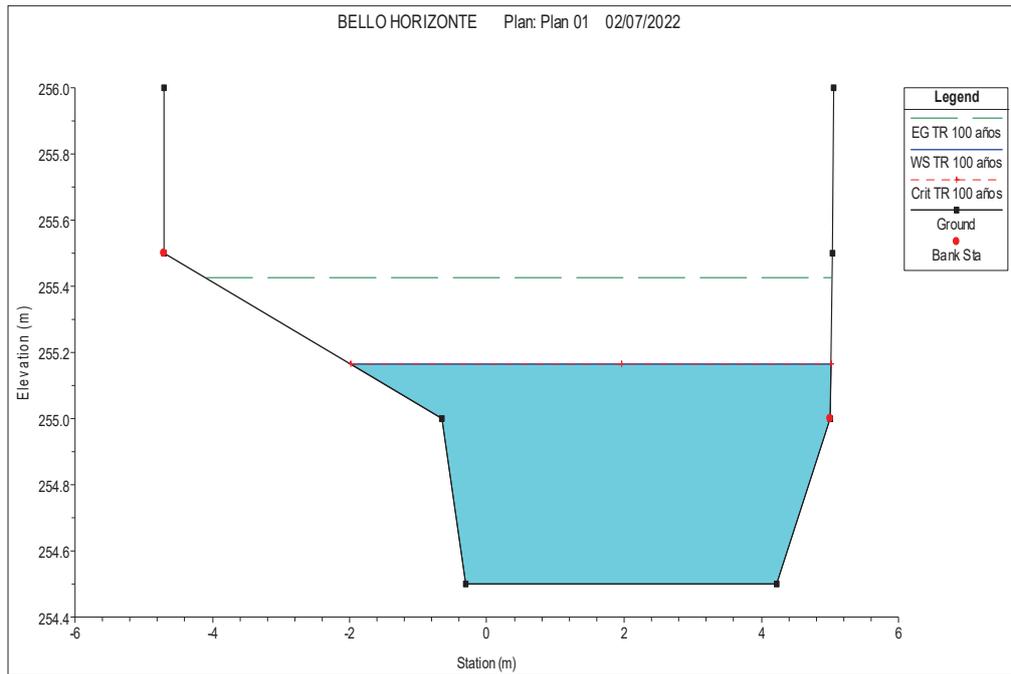
Tirante hidráulico por secciones de la calle 28 de Julio



Nota: Autoría Propia.

Figura 37.

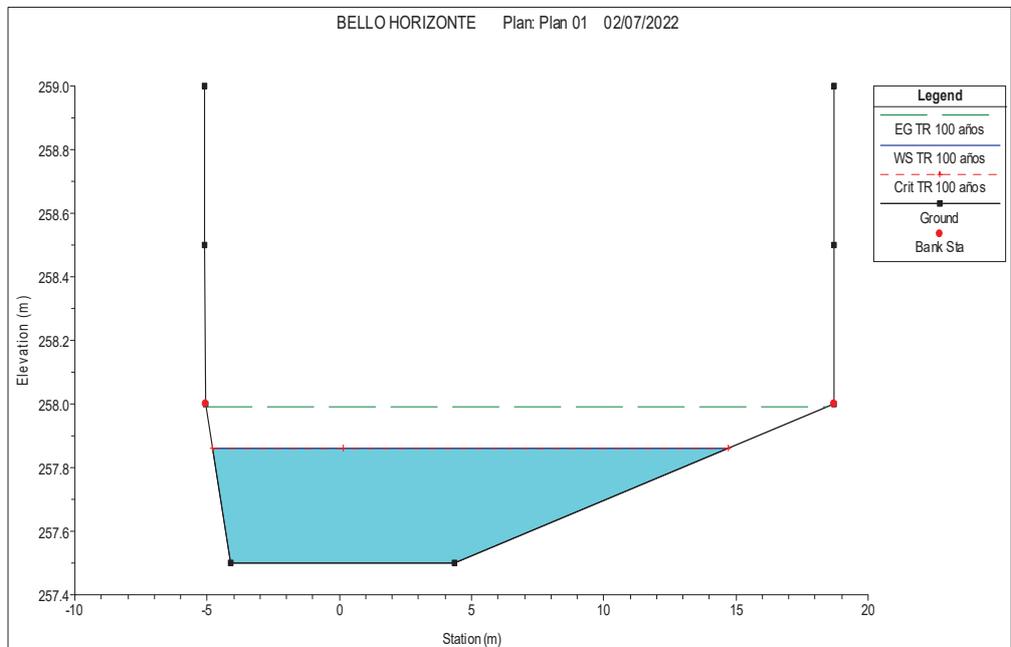
Sección 1 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 38.

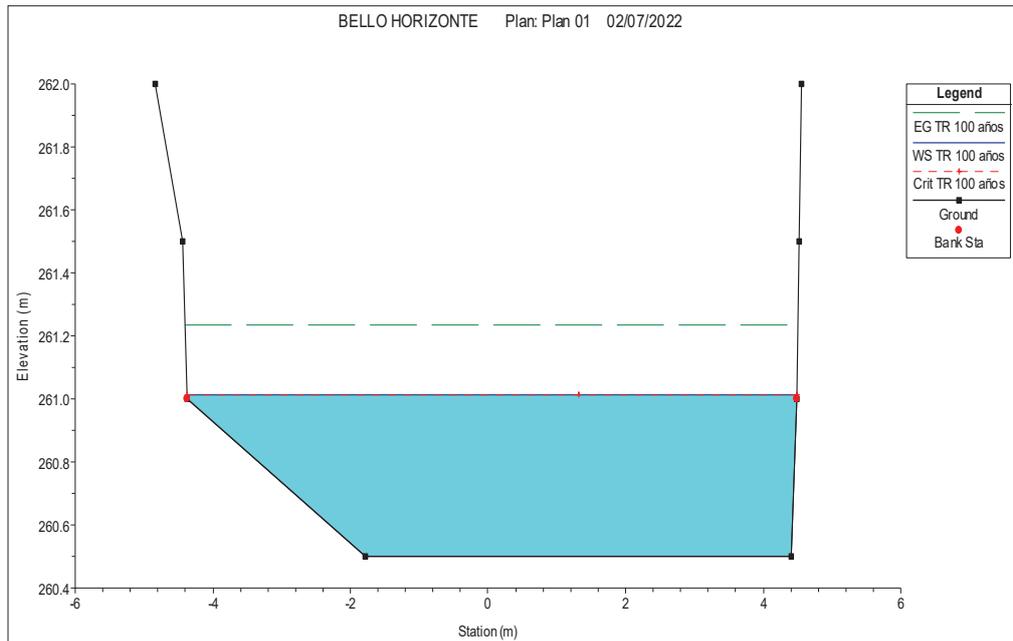
Sección 2 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 39.

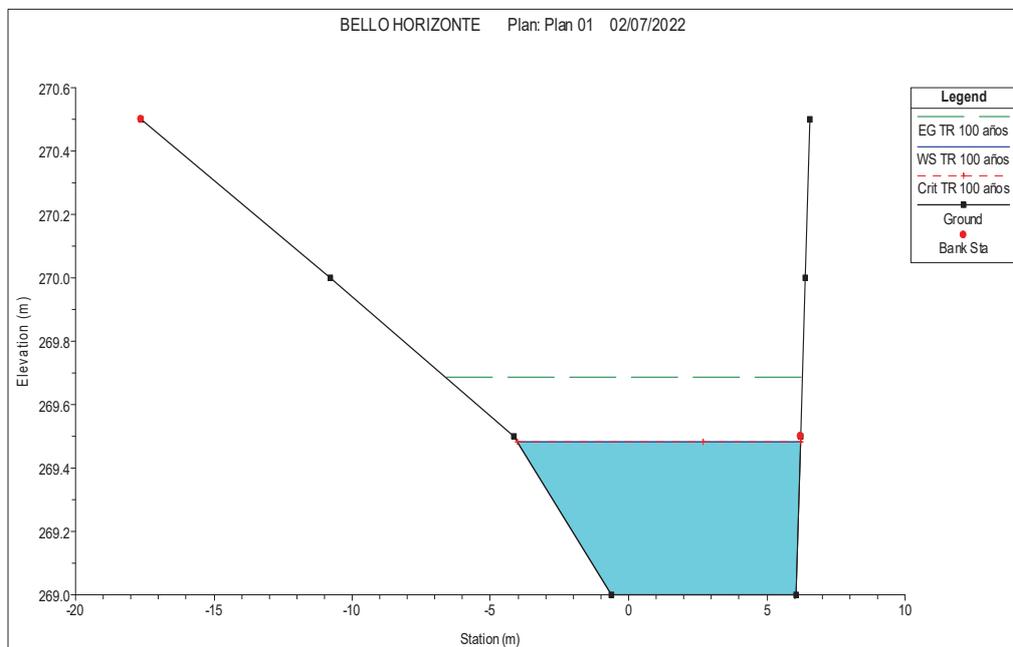
Sección 3 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 40.

Sección 4 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Finalmente, se determinan los datos hidráulicos de cada sección obtenidos en el software Hec ras:

Figura 41.

Datos hidráulicos sección 1 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	255.42	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.26	Wt. n-Val.		0.025	0.025
W.S. Elev (m)	255.17	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	255.17	Flow Area (m2)		3.59	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.008359	Area (m2)		3.59	0.00
Q Total (m3/s)	8.11	Flow (m3/s)		8.11	0.00
Top Width (m)	7.00	Top Width (m)		7.00	0.01
Vel Total (m/s)	2.26	Avg. Vel. (m/s)		2.26	0.08
Max Chl Dpth (m)	0.67	Hydr. Depth (m)		0.51	0.08
Conv. Total (m3/s)	88.7	Conv. (m3/s)		88.7	0.0
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)		7.42	0.17
Min Ch El (m)	254.50	Shear (N/m2)		39.72	0.27
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		89.61	0.02
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Nota: Autoría Propia.

Figura 42.

Datos hidráulicos sección 2 calle 28 de Julio para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	257.99	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.13	Wt. n-Val.		0.025	
W.S. Elev (m)	257.86	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	257.86	Flow Area (m2)		5.06	
E.G. Slope (m/m)	0.009800	Area (m2)		5.06	
Q Total (m3/s)	8.11	Flow (m3/s)		8.11	
Top Width (m)	19.51	Top Width (m)		19.51	
Vel Total (m/s)	1.60	Avg. Vel. (m/s)		1.60	
Max Chl Dpth (m)	0.36	Hydr. Depth (m)		0.26	
Conv. Total (m3/s)	81.9	Conv. (m3/s)		81.9	
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)		19.61	
Min Ch El (m)	257.50	Shear (N/m2)		24.78	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		39.75	
Frctn Loss (m)	0.45	Cum Volume (1000 m3)		0.22	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)		0.66	0.00

Nota: Autoría Propia.

Figura 43.*Datos hidráulicos sección 3 calle 28 de Julio para $T_r=100$ años.*

E.G. Elev (m)	261.24	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.22	Wt. n-Val.	0.000	0.025	
W.S. Elev (m)	261.01	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	261.01	Flow Area (m2)	0.00	3.89	
E.G. Slope (m/m)	0.008721	Area (m2)	0.00	3.89	0.00
Q Total (m3/s)	8.11	Flow (m3/s)	0.00	8.11	
Top Width (m)	8.86	Top Width (m)		8.86	
Vel Total (m/s)	2.08	Avg. Vel. (m/s)	0.04	2.08	
Max Chl Dpth (m)	0.51	Hydr. Depth (m)	0.01	0.44	
Conv. Total (m3/s)	86.8	Conv. (m3/s)	0.0	86.8	
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)	0.01	9.33	
Min Ch El (m)	260.50	Shear (N/m2)		35.65	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		74.30	
Frctn Loss (m)	0.46	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.44	0.00
C & E Loss (m)	0.03	Cum SA (1000 m2)		1.37	0.00

Nota: Autoría Propia.

Figura 44.*Datos hidráulicos sección 4 calle 28 de Julio para $T_r=100$ años.*

E.G. Elev (m)	269.69	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.20	Wt. n-Val.		0.025	
W.S. Elev (m)	269.48	Reach Len. (m)	50.00	50.00	50.00
Crit W.S. (m)	269.48	Flow Area (m2)		4.07	
E.G. Slope (m/m)	0.008901	Area (m2)		4.07	
Q Total (m3/s)	8.11	Flow (m3/s)		8.11	
Top Width (m)	10.22	Top Width (m)		10.22	
Vel Total (m/s)	1.99	Avg. Vel. (m/s)		1.99	
Max Chl Dpth (m)	0.48	Hydr. Depth (m)		0.40	
Conv. Total (m3/s)	86.0	Conv. (m3/s)		86.0	
Length Wtd. (m)	50.00	Wetted Per. (m)		10.60	
Min Ch El (m)	269.00	Shear (N/m2)		33.51	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		66.79	
Frctn Loss (m)	0.44	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.64	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)		1.85	0.00

Nota: Autoría Propia.

- **Calle Ramón Castilla**

En primer lugar, se definen los caudales de ingreso según los períodos de retorno analizados y el coeficiente de Manning, que para este caso se tomara de 0.025:

Tabla 19.

Caudales ingresados calle Ramón Castilla

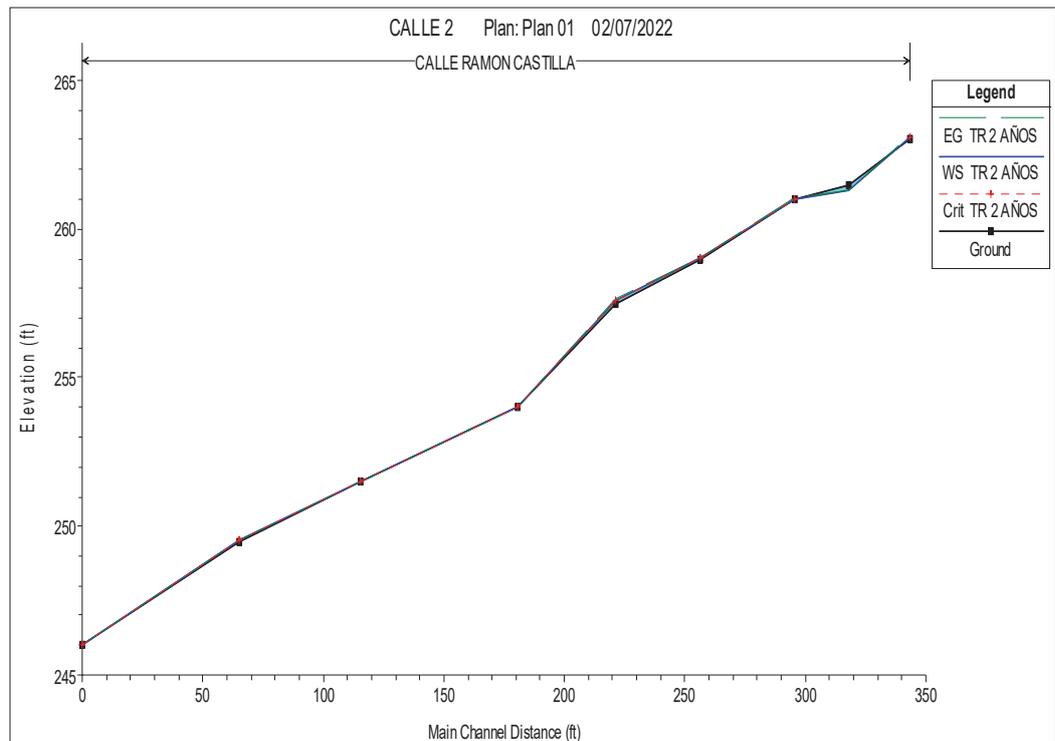
Tr (años)	Método de convolución	Reducción	Q ingreso
2	0.13	0.75	0.1
5	1.09	0.75	0.82
10	4.24	0.75	3.18
25	11.7	0.75	8.76
50	20.4	0.75	15.3
100	32.4	0.75	24.3

Nota: Autoría Propia.

Luego se definen los Perfiles Longitudinales de la calle Ramón Castilla para cada periodo de retorno:

Figura 45.

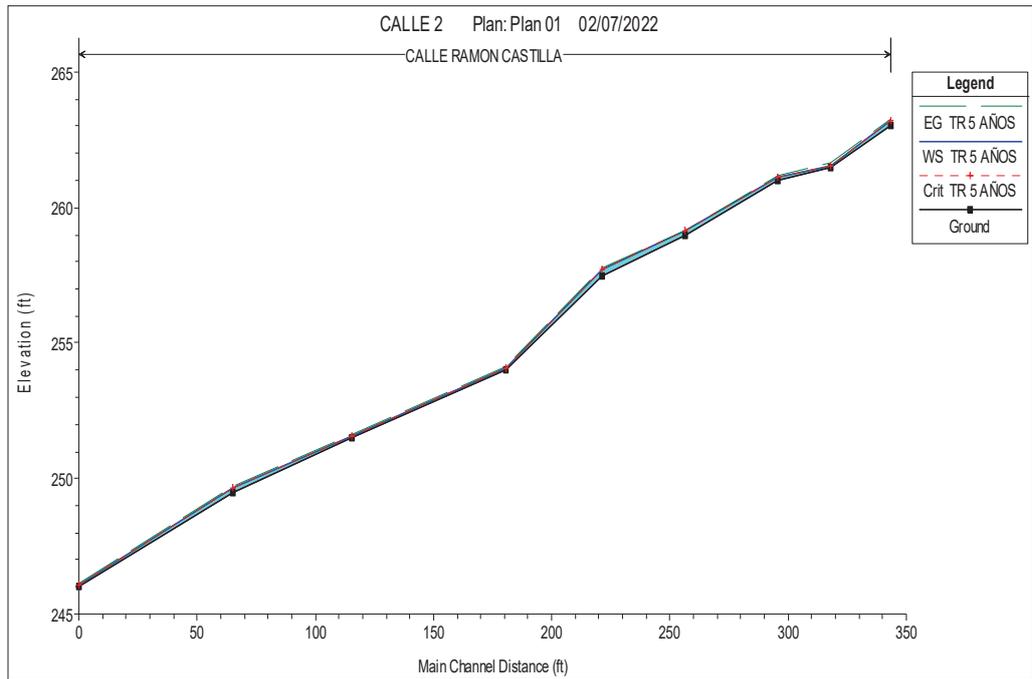
Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=2 años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 46.

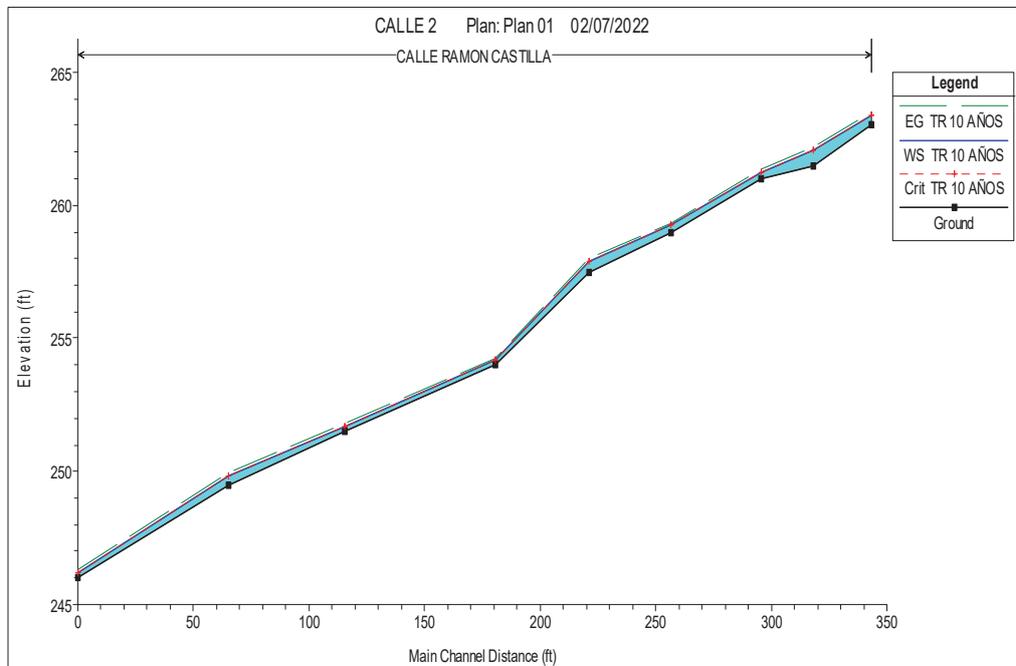
Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=5 años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 47.

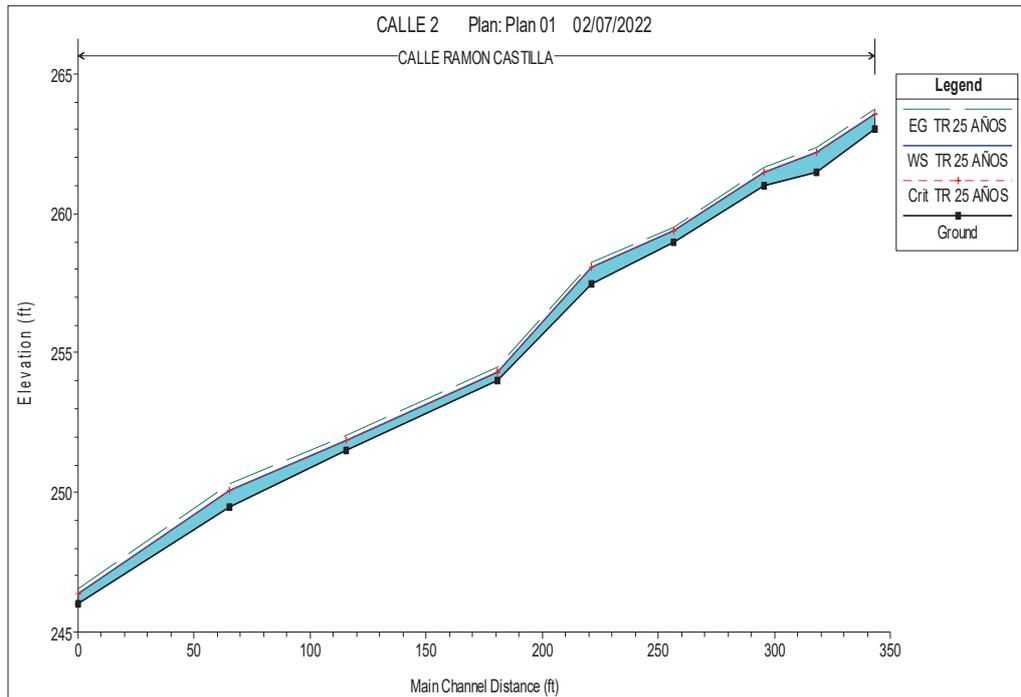
Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para Tr=10 años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 48.

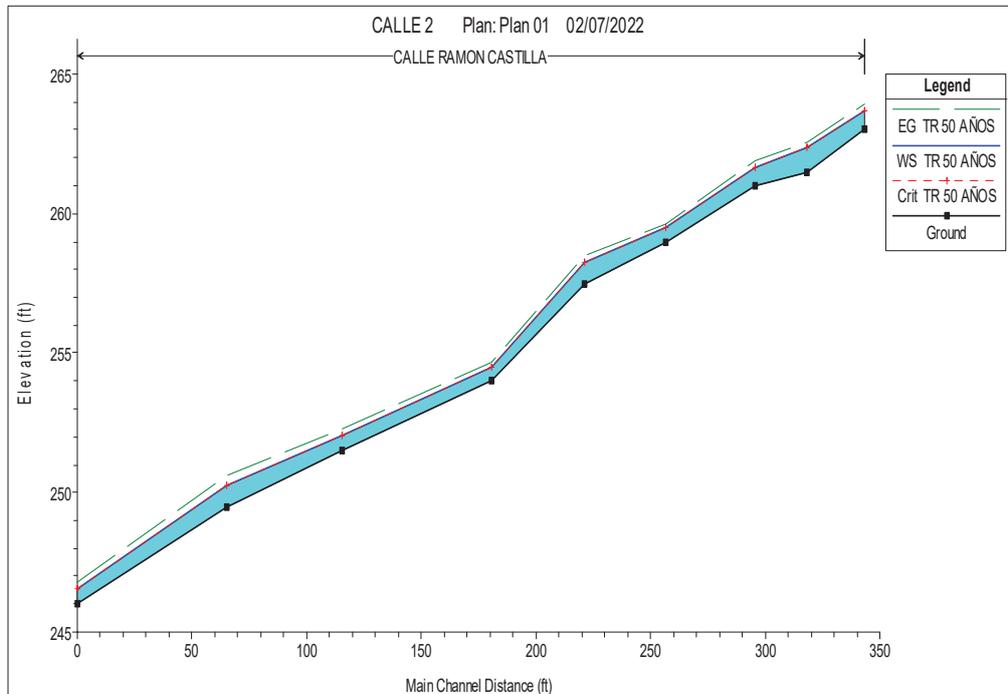
Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para $T_r=25$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 49.

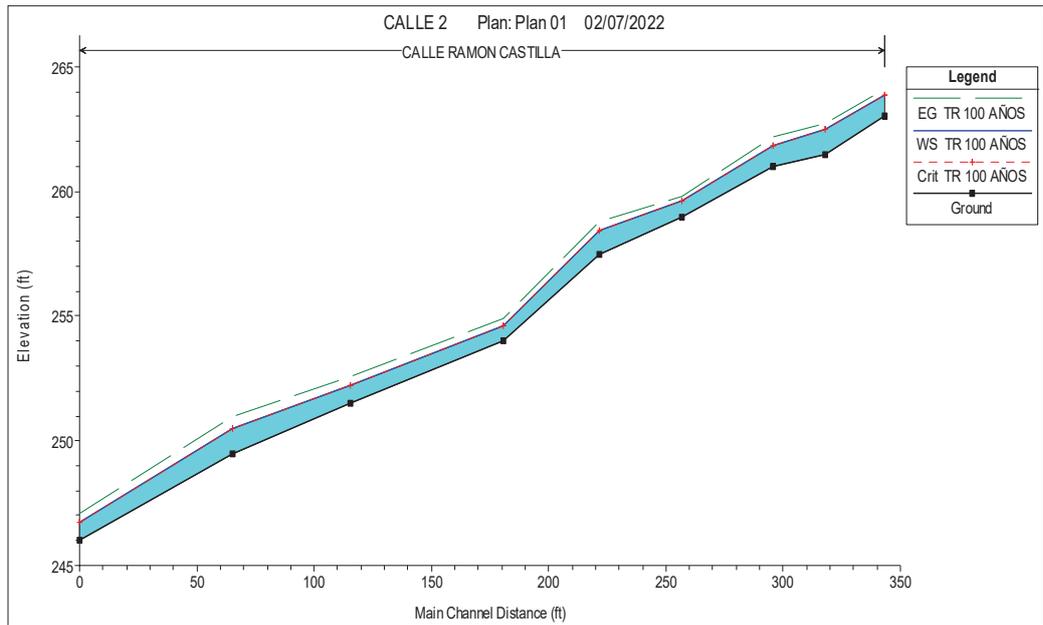
Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para $T_r=50$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 50.

Perfil Longitudinal Calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

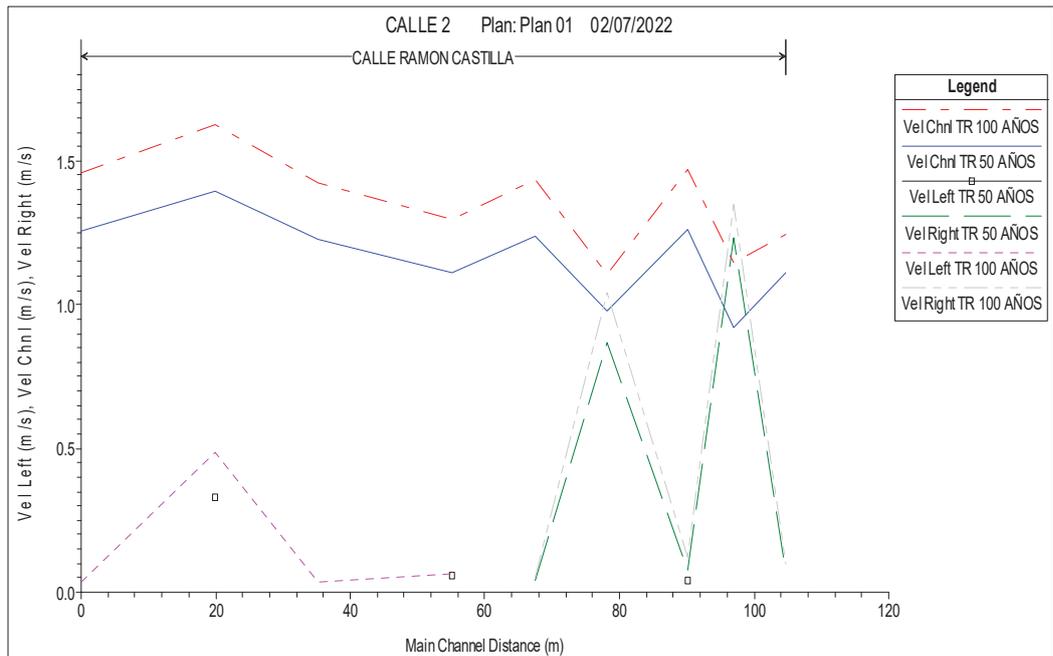


Nota: Autoría Propia.

Asimismo, se definen las velocidades de agua para los distintos períodos de retorno.

Figura 51.

Velocidades para los Tr de 50 y 100 años calle Ramón Castilla



Nota: Autoría Propia.

Posteriormente, se definen los datos con respecto al período de retorno de 100 años:

Figura 52.

Datos hidráulicos $T_r=100$ años calle Ramón Castilla

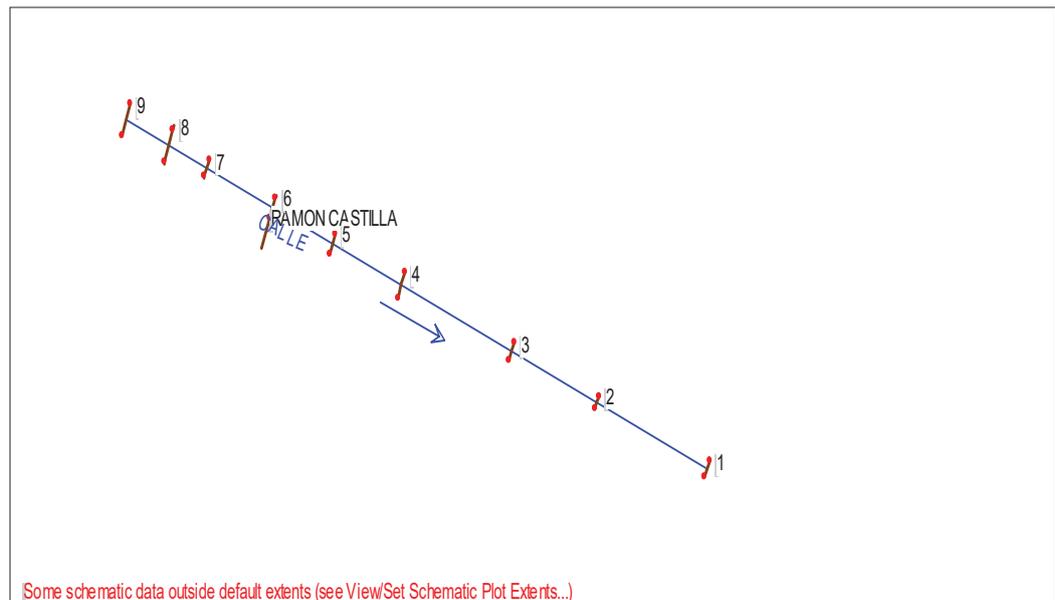
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: CALLE Reach: RAMON CASTILLA Profile: TR 100 AÑOS											
Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev (m)	W.S. Elev (m)	Vel Head (m)	Frctn Loss (m)	C & E Loss (m)	Q Left (m3/s)	Q Channel (m3/s)	Q Right (m3/s)	Top Width (m)
RAMON CASTILLA	9	TR 100 AÑOS	80.51	80.43	0.08	0.10	0.00		0.69	0.00	3.61
RAMON CASTILLA	8	TR 100 AÑOS	80.07	80.00	0.07	0.08	0.00		0.52	0.17	4.07
RAMON CASTILLA	7	TR 100 AÑOS	79.92	79.81	0.11	0.14	0.02	0.00	0.69	0.00	2.16
RAMON CASTILLA	6	TR 100 AÑOS	79.19	79.13	0.06	0.13	0.00		0.27	0.41	5.68
RAMON CASTILLA	5	TR 100 AÑOS	78.88	78.77	0.10	0.14	0.01		0.69	0.00	2.34
RAMON CASTILLA	4	TR 100 AÑOS	77.69	77.61	0.09	0.23	0.00	0.00	0.69		3.13
RAMON CASTILLA	3	TR 100 AÑOS	76.98	76.88	0.10	0.18	0.00	0.00	0.69	0.00	2.34
RAMON CASTILLA	2	TR 100 AÑOS	76.49	76.35	0.13	0.23	0.01	0.00	0.69		1.64
RAMON CASTILLA	1	TR 100 AÑOS	75.31	75.20	0.11			0.00	0.69	0.00	2.18

Nota: Autoría Propia.

Con ello, se define el tirante hidráulico por cada sección de la calle analizada; siendo en este caso un total de nueve:

Figura 53.

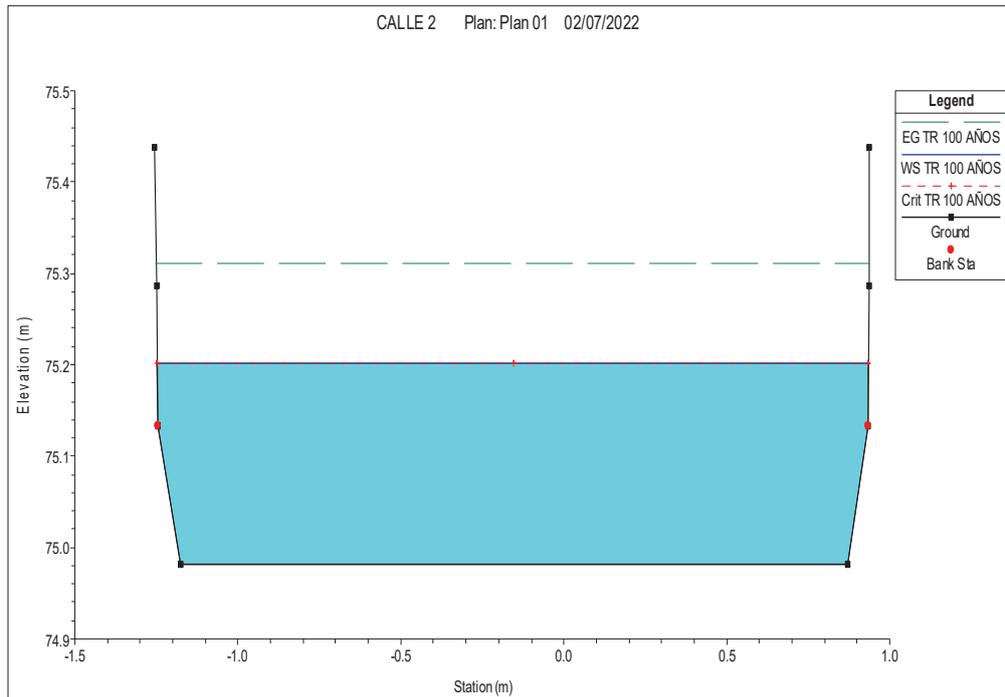
Tirante hidráulico por secciones de la calle Ramón Castilla



Nota: Autoría Propia.

Figura 54.

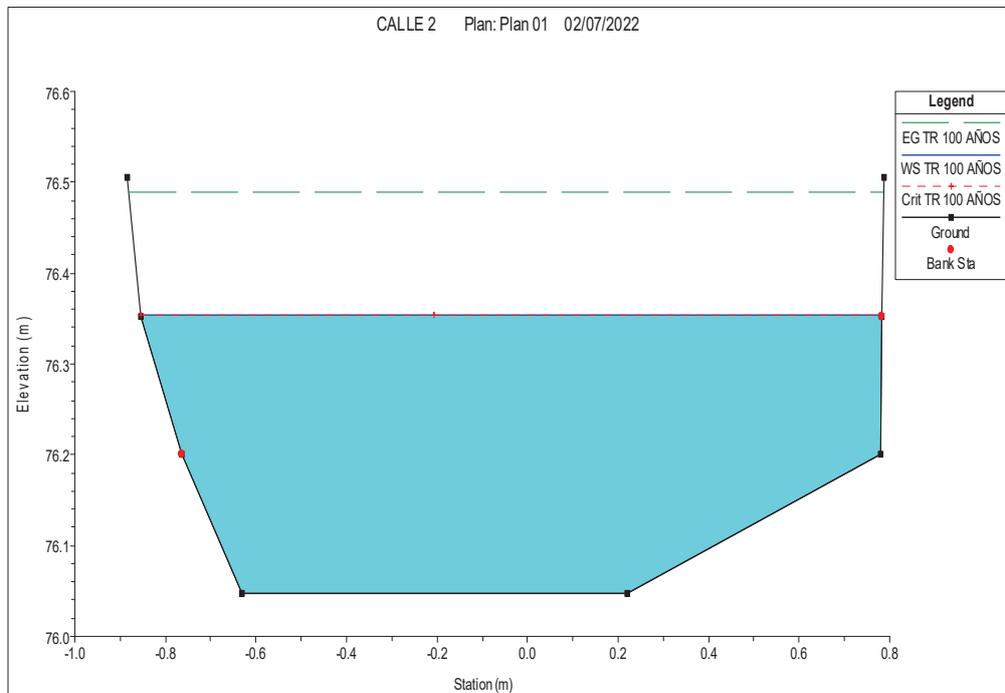
Sección 1 calle 28 Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 55.

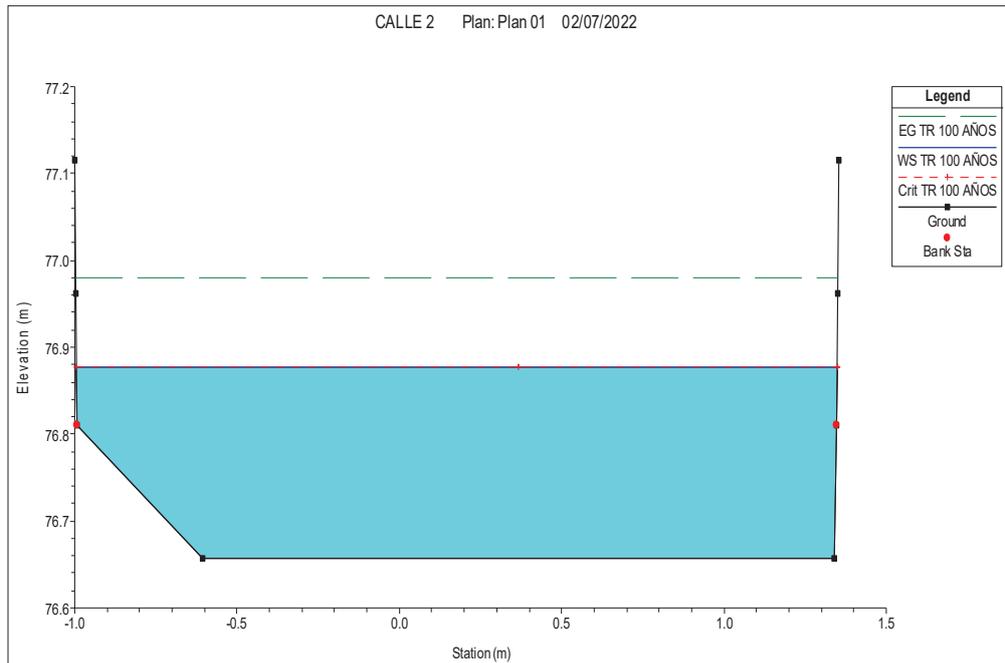
Sección 2 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 56.

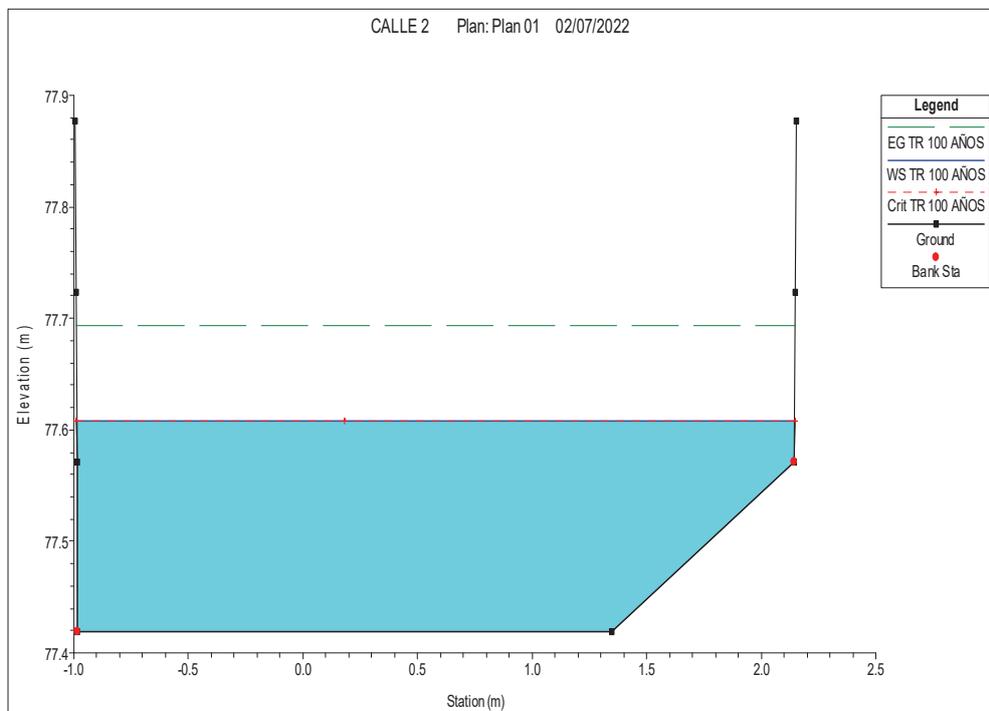
Sección 3 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 57.

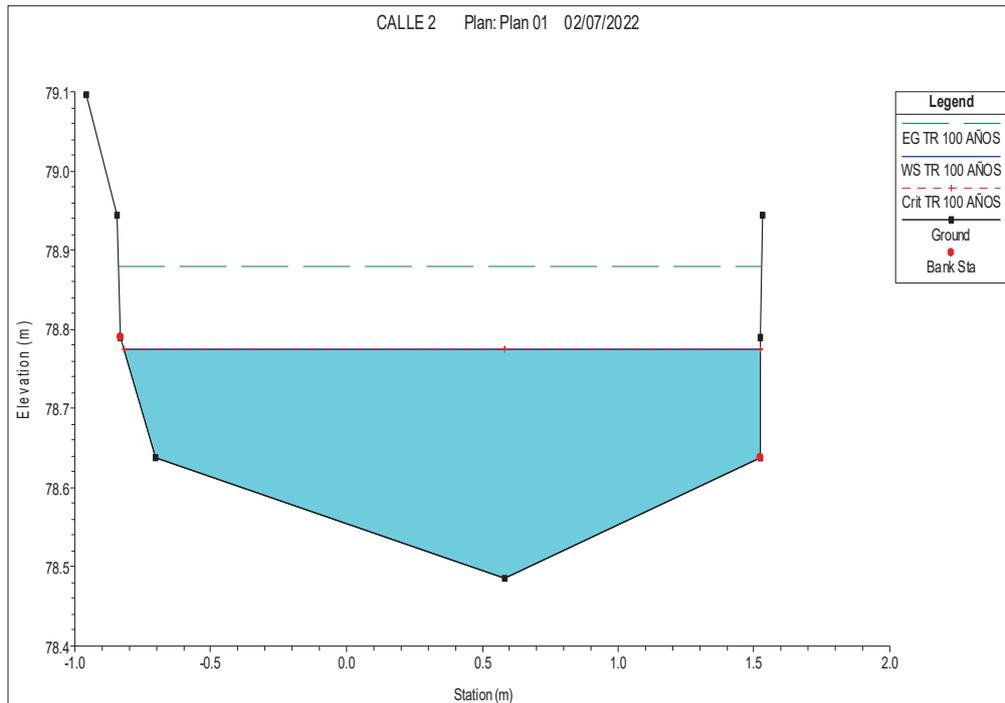
Sección 4 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 58.

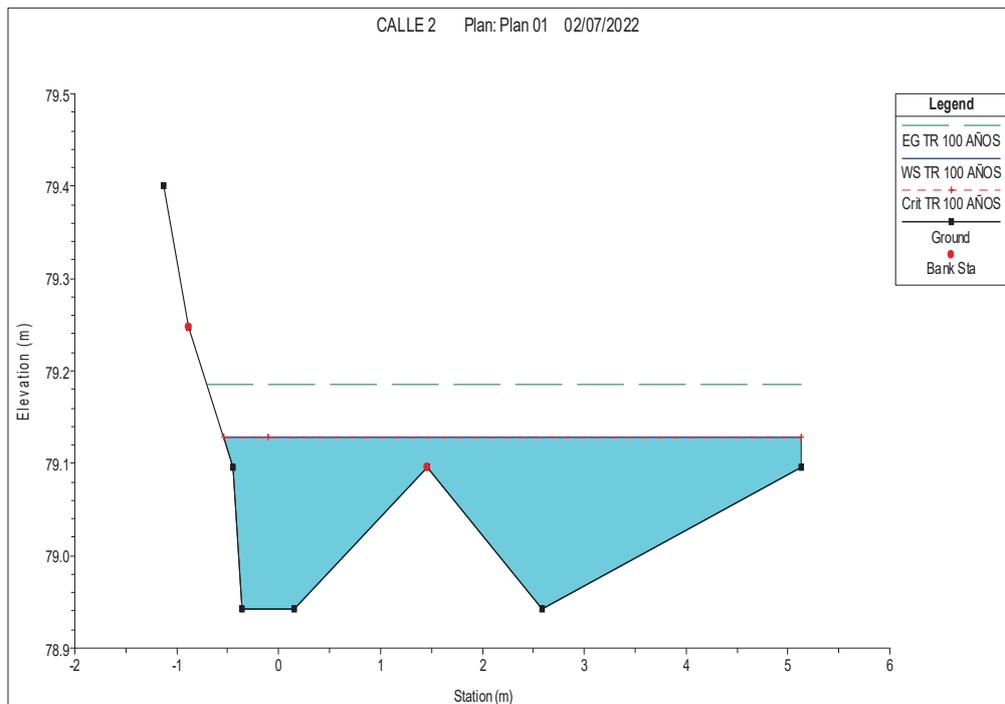
Sección 5 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 59.

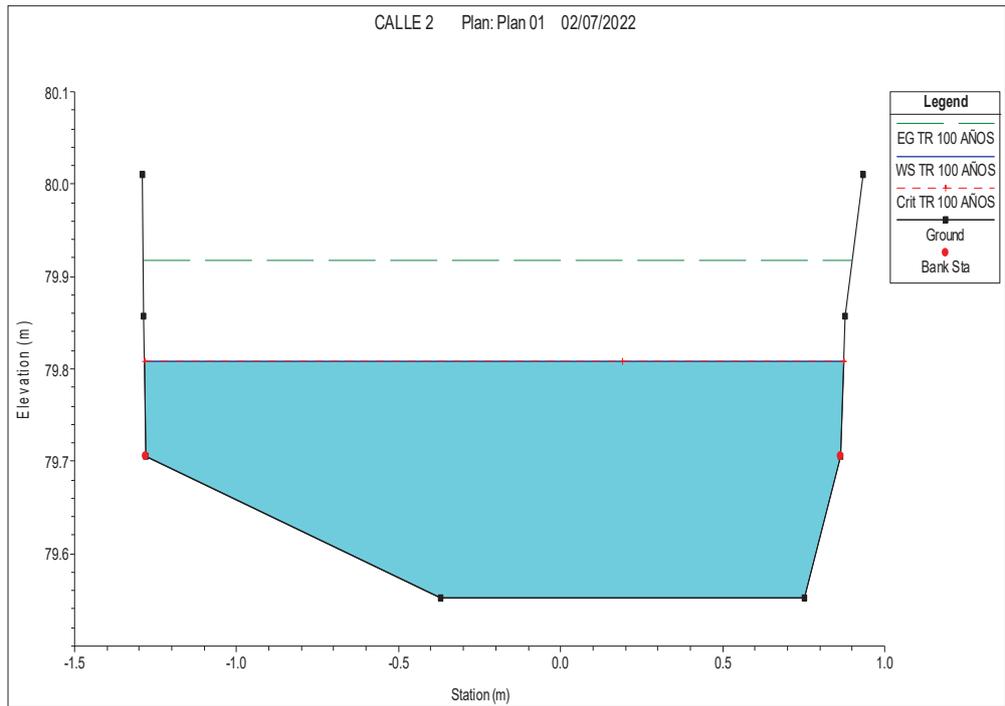
Sección 6 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 60.

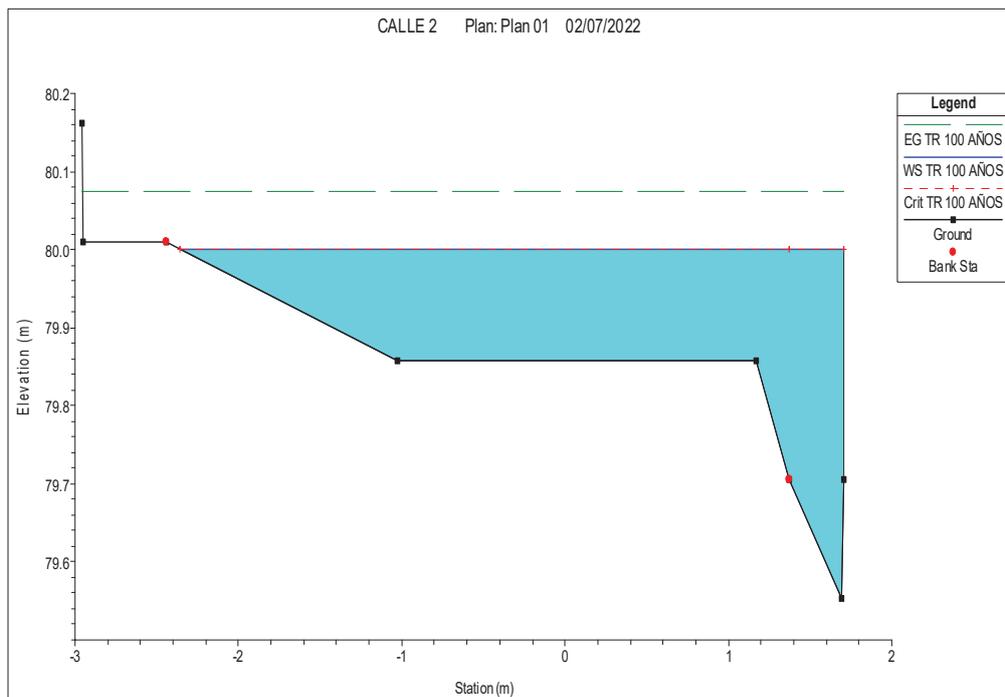
Sección 7 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 61.

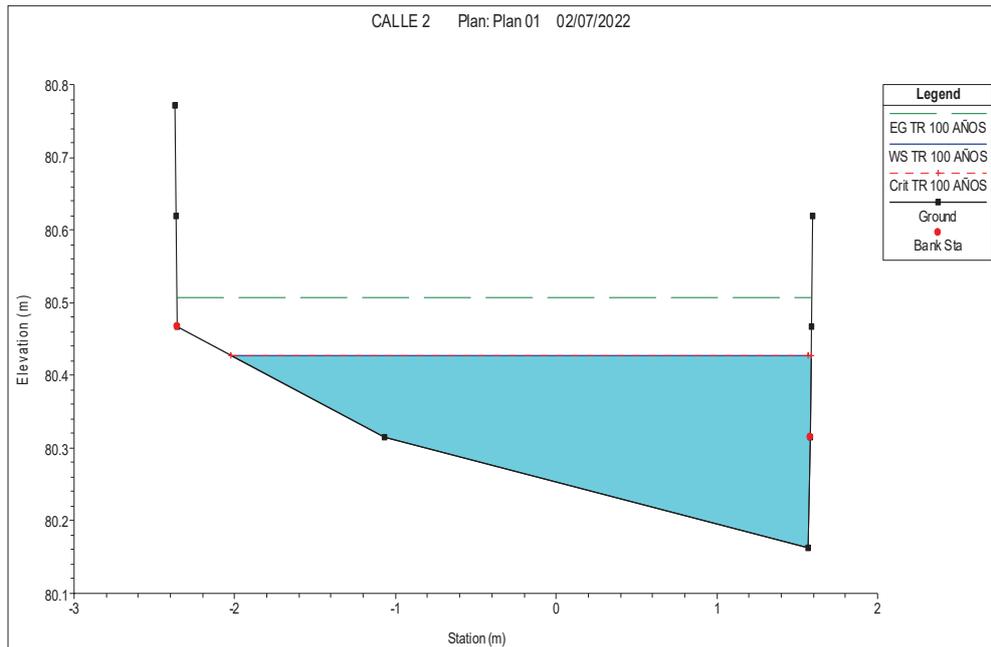
Sección 8 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Figura 62.

Sección 9 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.



Nota: Autoría Propia.

Finalmente, se determinan los datos hidráulicos de cada sección obtenidos en el software Hec ras:

Figura 63.

Datos hidráulicos sección 1 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	75.31	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.	0.000	0.025	0.000
W.S. Elev (m)	75.20	Reach Len. (m)			
Crit W.S. (m)	75.20	Flow Area (m2)	0.00	0.47	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.011496	Area (m2)	0.00	0.47	0.00
Q Total (m3/s)	0.69	Flow (m3/s)	0.00	0.69	0.00
Top Width (m)	2.18	Top Width (m)		2.18	
Vel Total (m/s)	1.46	Avg. Vel. (m/s)	0.03	1.46	0.03
Max Chl Dpth (m)	0.22	Hydr. Depth (m)	0.03	0.22	0.03
Conv. Total (m3/s)	6.4	Conv. (m3/s)	0.0	6.4	0.0
Length Wtd. (m)		Wetted Per. (m)	0.07	2.38	0.07
Min Ch El (m)	74.98	Shear (N/m2)		22.37	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		32.63	
Frctn Loss (m)		Cum Volume (1000 m3)			
C & E Loss (m)		Cum SA (1000 m2)			

Nota: Autoría Propia.

Figura 64.

Datos hidráulicos sección 2 calle Ramón Castilla para $T_r=100$ años.

E.G. Elev (m)	76.49	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.13	Wt. n-Val.	0.025	0.025	
W.S. Elev (m)	76.35	Reach Len. (m)	80.83	19.84	19.81
Crit W.S. (m)	76.35	Flow Area (m ²)	0.01	0.42	
E.G. Slope (m/m)	0.011387	Area (m ²)	0.01	0.42	0.00
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)	0.00	0.69	
Top Width (m)	1.64	Top Width (m)	0.09	1.55	
Vel Total (m/s)	1.61	Avg. Vel. (m/s)	0.49	1.63	
Max Chl Dpth (m)	0.31	Hydr. Depth (m)	0.08	0.27	
Conv. Total (m ³ /s)	6.5	Conv. (m ³ /s)	0.0	6.4	
Length Wtd. (m)	19.99	Wetted Per. (m)	0.18	1.79	
Min Ch El (m)	76.05	Shear (N/m ²)	4.32	26.31	
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)	2.11	42.84	
Frctn Loss (m)	0.23	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.01	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.04	

Nota: Autoría Propia.

Figura 65.

Datos hidráulicos sección 3 calle Ramón Castilla para $T_r=100$ años.

E.G. Elev (m)	76.98	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.10	Wt. n-Val.	0.000	0.025	0.000
W.S. Elev (m)	76.88	Reach Len. (m)	15.26	15.39	15.54
Crit W.S. (m)	76.88	Flow Area (m ²)	0.00	0.48	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.011414	Area (m ²)	0.00	0.48	0.00
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)	0.00	0.69	0.00
Top Width (m)	2.34	Top Width (m)		2.34	
Vel Total (m/s)	1.42	Avg. Vel. (m/s)	0.03	1.42	0.03
Max Chl Dpth (m)	0.22	Hydr. Depth (m)	0.03	0.21	0.03
Conv. Total (m ³ /s)	6.4	Conv. (m ³ /s)	0.0	6.4	0.0
Length Wtd. (m)	15.39	Wetted Per. (m)	0.07	2.52	0.07
Min Ch El (m)	76.66	Shear (N/m ²)		21.52	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		30.65	
Frctn Loss (m)	0.18	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.02	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.07	

Nota: Autoría Propia.

Figura 66.

Datos hidráulicos sección 4 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	77.69	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.09	Wt. n-Val.	0.000	0.025	
W.S. Elev (m)	77.61	Reach Len. (m)	19.86	19.85	19.92
Crit W.S. (m)	77.61	Flow Area (m ²)	0.00	0.53	
E.G. Slope (m/m)	0.011297	Area (m ²)	0.00	0.53	0.00
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)	0.00	0.69	
Top Width (m)	3.13	Top Width (m)	0.00	3.13	
Vel Total (m/s)	1.30	Avg. Vel. (m/s)	0.06	1.30	
Max Chl Dpth (m)	0.19	Hydr. Depth (m)	0.09	0.17	
Conv. Total (m ³ /s)	6.5	Conv. (m ³ /s)	0.0	6.5	
Length Wtd. (m)	19.85	Wetted Per. (m)	0.19	3.14	
Min Ch El (m)	77.42	Shear (N/m ²)		18.69	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		24.27	
Frctn Loss (m)	0.23	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.03	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.12	

Nota: Autoría Propia.

Figura 67.

Datos hidráulicos sección 5 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	78.88	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.10	Wt. n-Val.		0.025	0.000
W.S. Elev (m)	78.77	Reach Len. (m)	12.42	12.40	12.37
Crit W.S. (m)	78.77	Flow Area (m ²)		0.48	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.011104	Area (m ²)		0.48	0.00
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)		0.69	0.00
Top Width (m)	2.34	Top Width (m)		2.34	
Vel Total (m/s)	1.43	Avg. Vel. (m/s)		1.43	0.05
Max Chl Dpth (m)	0.29	Hydr. Depth (m)		0.21	0.07
Conv. Total (m ³ /s)	6.5	Conv. (m ³ /s)		6.5	0.0
Length Wtd. (m)	12.40	Wetted Per. (m)		2.42	0.14
Min Ch El (m)	78.49	Shear (N/m ²)		21.60	
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		30.96	
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.03	0.00
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.16	

Nota: Autoría Propia.

Figura 68.

Datos hidráulicos sección 6 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	79.19	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.06	Wt. n-Val.		0.025	0.025
W.S. Elev (m)	79.13	Reach Len. (m)	10.64	10.73	10.88
Crit W.S. (m)	79.13	Flow Area (m ²)		0.25	0.40
E.G. Slope (m/m)	0.013279	Area (m ²)		0.25	0.40
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)		0.27	0.41
Top Width (m)	5.68	Top Width (m)		2.00	3.67
Vel Total (m/s)	1.07	Avg. Vel. (m/s)		1.11	1.04
Max Chl Dpth (m)	0.18	Hydr. Depth (m)		0.12	0.11
Conv. Total (m ³ /s)	6.0	Conv. (m ³ /s)		2.4	3.6
Length Wtd. (m)	10.77	Wetted Per. (m)		2.11	3.72
Min Ch El (m)	78.94	Shear (N/m ²)		15.34	13.95
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		16.99	14.50
Frctn Loss (m)	0.13	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.04	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.18	0.02

Nota: Autoría Propia.

Figura 69.

Datos hidráulicos sección 7 calle Ramón Castilla para $Tr=100$ años.

E.G. Elev (m)	79.92	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.11	Wt. n-Val.	0.000	0.025	0.025
W.S. Elev (m)	79.81	Reach Len. (m)	11.89	11.95	12.01
Crit W.S. (m)	79.81	Flow Area (m ²)	0.00	0.47	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.010845	Area (m ²)	0.00	0.47	0.00
Q Total (m ³ /s)	0.69	Flow (m ³ /s)	0.00	0.69	0.00
Top Width (m)	2.16	Top Width (m)	0.00	2.14	0.01
Vel Total (m/s)	1.47	Avg. Vel. (m/s)	0.07	1.47	0.12
Max Chl Dpth (m)	0.25	Hydr. Depth (m)	0.05	0.22	0.05
Conv. Total (m ³ /s)	6.6	Conv. (m ³ /s)	0.0	6.6	0.0
Length Wtd. (m)	11.97	Wetted Per. (m)	0.10	2.23	0.10
Min Ch El (m)	79.55	Shear (N/m ²)		22.31	0.54
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		32.80	0.07
Frctn Loss (m)	0.14	Cum Volume (1000 m ³)	0.00	0.04	0.00
C & E Loss (m)	0.02	Cum SA (1000 m ²)	0.00	0.20	0.04

Nota: Autoría Propia.

Figura 70.

Datos hidráulicos sección 8 calle Ramón Castilla para $T_r=100$ años.

E.G. Elev (m)	80.07	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.07	Wt. n-Val.		0.025	0.025
W.S. Elev (m)	80.00	Reach Len. (m)	6.73	6.77	6.91
Crit W.S. (m)	80.00	Flow Area (m2)		0.46	0.12
E.G. Slope (m/m)	0.013832	Area (m2)		0.46	0.12
Q Total (m3/s)	0.69	Flow (m3/s)		0.52	0.17
Top Width (m)	4.07	Top Width (m)		3.73	0.33
Vel Total (m/s)	1.19	Avg. Vel. (m/s)		1.15	1.35
Max Chl Dpth (m)	0.45	Hydr. Depth (m)		0.12	0.37
Conv. Total (m3/s)	5.9	Conv. (m3/s)		4.4	1.4
Length Wtd. (m)	6.79	Wetted Per. (m)		3.79	0.80
Min Ch El (m)	79.71	Shear (N/m2)		16.29	20.88
Alpha	1.02	Stream Power (N/m s)		18.66	28.21
Frctn Loss (m)	0.08	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.04	0.00
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.22	0.04

Nota: Autoría Propia.

Figura 71.

Datos hidráulicos sección 9 calle Ramón Castilla para $T_r=100$ años.

E.G. Elev (m)	80.51	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0.08	Wt. n-Val.		0.025	0.025
W.S. Elev (m)	80.43	Reach Len. (m)	6.95	7.71	7.92
Crit W.S. (m)	80.43	Flow Area (m2)		0.55	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.012391	Area (m2)		0.55	0.00
Q Total (m3/s)	0.69	Flow (m3/s)		0.69	0.00
Top Width (m)	3.61	Top Width (m)		3.60	0.01
Vel Total (m/s)	1.24	Avg. Vel. (m/s)		1.24	0.10
Max Chl Dpth (m)	0.27	Hydr. Depth (m)		0.15	0.06
Conv. Total (m3/s)	6.2	Conv. (m3/s)		6.2	0.0
Length Wtd. (m)	7.74	Wetted Per. (m)		3.75	0.11
Min Ch El (m)	80.16	Shear (N/m2)		17.93	0.41
Alpha	1.00	Stream Power (N/m s)		22.29	0.04
Frctn Loss (m)	0.10	Cum Volume (1000 m3)	0.00	0.05	0.01
C & E Loss (m)	0.00	Cum SA (1000 m2)	0.00	0.25	0.04

Nota: Autoría Propia.

e) Sistema de drenaje pluvial

Se planteo como solución a la evacuación de los caudales provenientes de la zona de estudio un drenaje pluvial conducido por cunetas a un punto de descarga identificado. Para ello, se procedió analizar la información pluviométrica extraído de la estación Laredo Trujillo para la ciudad de BELLO HORIZONTE, para la consideración del caudal que escurre por las cunetas consideramos el caudal que escurre por la ciudad de bello horizonte adicionando el caudal proveniente de la cuenca.

- **Caudal de la Cuenca Laredo**

Los puntos en la cual el caudal proveniente de la cuenca contribuye al drenaje pluvial son:

-Calle 28 de JULIO

-Calle Los Incas

-Calle Ramon Castilla.

El caudal a considerar es para el periodo retorno de 25 años hallado previamente de 8 m³/s.

- **Caudal de la localidad Bello Horizonte**

Para la determinación del caudal de la Ciudad Bello Horizonte se hará mediante las áreas tributarias contribuyente a cada calle y aplicaremos el método racional debido que el área de estudio es 0.36 km², lo cual es menor a los 3 km² que indica la Norma OS.060.

Para ello, se tomó la estación más cercana: LADERO

Debido a que ya se ha mencionado y desarrollado previamente la data relacionada a la hidrología, se procede a determinar los parámetros restantes para el cálculo del método racional por áreas en función de distintos tramos de estudio.

-Coeficiente de escorrentía

Conociendo ya las intensidades de los tiempos de retorno analizados, se procede a determinar el coeficiente de escorrentía de la localidad en este caso tomando en cuenta lo que indica la norma OS.060-DRENAJE PLUVIAL URBANO. Para ello, se consideraron los parámetros de ancho de vereda, ancho de vía, la longitud del tramo, la superficie de

techo/afirmado y de vereda. Con ello el coeficiente de escorrentía final que se obtiene es de 0.87.

Tabla 20.

Coeficiente de escorrentía.

TRAMO	ANCHO DE VEREDA (m)	ANCHO VÍA (m)	L(m)	SUPERFICIE TECHO (m ²)	AFIRMADO (m ²)	SUPERFICIE DE VEREDA (m ²)	A Total (m ²)	C prom
		c		0.88	0.86	0.88		
1-2	0	3.9	28.206	337.54	110.0034	0	447.5434	0.88
2-3	1	6.5	89.519	1522.37	581.8735	179.038	2283.2815	0.87
4-3	0	3.9	60.691	1279.51	236.6949	0	1516.2049	0.88
1-5	0	3.9	32.743	229.88	127.6977	0	357.5777	0.87
5-4	1	6.5	77.248	1005.49	502.112	154.496	1662.098	0.87
4-6	0	3.9	23.492	59.46	91.6188	0	151.0788	0.87
3-7	1	6.5	55.495	569.28	360.7175	110.99	1040.9875	0.87
8-7	0	3.9	62.370	1397.54	243.243	0	1640.783	0.88
4-8	1	6.5	60.490	997.36	393.185	120.98	1511.525	0.87
6-9	1	7.2	63.151	392.31	454.6872	126.302	973.2992	0.87
8-9	0	3.9	25.569	124.25	99.7191	0	223.9651	0.87
7-10	1	6.5	89.300	987.79	580.45	178.6	1746.84	0.87
11-10	0	3.9	22.483	274.90	87.6837	0	362.5837	0.88
15-11	0	3.9	30.781	259.66	120.0459	0	379.7059	0.87
15-14	0	3.9	39.477	814.07	153.9603	0	968.0303	0.88
8-14	1	6.5	59.958	1093.81	389.727	119.916	1603.453	0.88
14-12	1	6.5	31.137	363.00	202.3905	62.274	627.6645	0.87
12-11	0	3.9	43.609	703.45	170.0751	0	873.5251	0.88
9-13	1	7.2	52.678	358.93	379.2816	105.356	843.5626	0.87
10-16	1	6.5	37.430	207.83	243.295	74.86	525.985	0.87
12-17	1	6.5	37.627	420.06	244.5755	75.254	739.8895	0.87
17-16	0	3.9	67.044	1374.45	261.4716	0	1635.9216	0.88
13-18	1	7.2	69.866	1117.53	503.0352	139.732	1760.2972	0.87
13-19	0	3.9	91.253	717.87	355.8867	0	1073.7567	0.87
18-17	0	3.9	21.709	100.94	84.6651	0	185.6051	0.87
18-19	0	3.9	37.854	400.90	147.6306	0	548.5306	0.87
16-20	1	6.5	54.560	523.10	354.64	109.12	986.86	0.87
17-21	1	6.5	57.990	1043.55	376.935	115.98	1536.465	0.88
21-20	0	3.9	64.525	1797.92	251.6475	0	2049.5675	0.88
18-22	1	7.2	90.703	1627.53	653.0616	181.406	2461.9976	0.87
19-23	0	3.9	100.486	903.52	391.8954	0	1295.4154	0.87
23-29	0	3.9	106.099	749.95	413.7861	0	1163.7361	0.87
29-28	0	3.9	97.705	442.09	381.0495	0	823.1395	0.87
23-28	1	7.2	28.372	290.18	204.2784	56.744	551.2024	0.87
23-22	0	3.9	94.671	1469.38	369.2169	0	1838.5969	0.88
22-27	1	7.2	43.710	609.69	314.712	87.42	1011.822	0.87
22-28	0	3.9	66.633	1036.60	259.8687	0	1296.4637	0.88
28-32	1	7.2	30.395	127.18	218.844	60.79	406.811	0.87
35-24	1	6.5	216.997	3561.94	1410.4805	433.994	5406.4145	0.87
20-24	1	6.5	48.640	404.91	316.16	97.28	818.354	0.87
21-26	1	6.5	61.913	1690.51	402.4332	123.8256	2216.7698	0.88
26-27	0	3.9	73.758	1609.57	287.6562	0	1897.2262	0.88
27-32	0	3.9	24.145	815.85	94.1655	0	910.0115	0.88
26-25	0	3.9	95.200	2214.48	371.28	0	2585.76	0.88
24-25	0	3.9	13.856	69.84	54.03684	0	123.87684	0.87
25-30	0	3.9	119.818	3499.96	467.2902	0	3967.2452	0.88
26-30	1	6.5	31.467	275.81	204.5355	62.934	543.2795	0.87
30-31	0	3.9	73.816	2132.22	287.8824	0	2420.1054	0.88
27-31	1	7.2	49.994	626.84	359.9568	99.988	1086.7868	0.87
32-33	1	7.2	32.733	615.68	235.6776	65.466	916.8196	0.87
31-33	0	3.9	66.787	1504.44	260.4693	0	1764.9063	0.88
33-34	1	7.2	28.202	153.17	203.05656	56.4046	412.63016	0.87
C PROMEDIO								0.87

Nota: Autoría Propia.

-Caudal de escurrimiento

Con los datos que ya se tienen, se procede a calcular el caudal de escurrimiento por tramos:

Tabla 21.

Caudal de escurrimiento.

TRAMO	Area (m ²)	Area Acumulada (m ²)	L(m)	Cota M	Cota m	ANCHO VIA (m)	S (m/m) -transversal	DATOS SUBCUENCA							C	Q=CIA (m ³ /s)	Q=CIA (l/s)
								Tf (min)	To(min)	Tc(min)	Tc>=10(min)	Tr(años)	I (mm/h)				
1-2	447.543	447.543	28.206	262.23	261.71	1.950	0.02	0.47	0.15	0.62	10	25	21.96	0.87	0.00	2.39	
2-3	2283.282	2730.825	89.519	261.71	256.09	3.250	0.02	1.49	0.22	1.71	10	25	21.96	0.87	0.01	14.56	
4-3	1516.205	1516.205	60.691	256.47	256.09	1.950	0.02	1.01	0.15	1.16	10	25	21.96	0.87	0.01	8.09	
3-7	1040.988	5288.017	55.495	256.09	254.41	3.250	0.02	0.92	0.22	1.14	10	25	21.96	0.87	0.03	28.20	
8-7	1640.783	1640.783	62.370	255.03	254.41	1.950	0.02	1.04	0.15	1.19	10	25	21.96	0.87	0.01	8.75	
7-10	1746.840	8675.640	89.300	254.41	246.92	3.250	0.02	1.49	0.22	1.71	10	25	21.96	0.87	0.05	46.27	
15-11	379.706	379.706	30.781	252.00	249.89	1.950	0.02	0.51	0.15	0.66	10	25	21.96	0.87	0.00	2.02	
12-11	873.525	873.525	43.609	250.03	249.89	1.950	0.02	0.73	0.15	0.87	10	25	21.96	0.87	0.00	4.66	
11-10	362.584	1615.815	22.483	249.89	246.92	1.950	0.02	0.37	0.15	0.52	10	25	21.96	0.87	0.01	8.62	
10-16	525.985	10817.440	37.430	246.92	244.23	3.250	0.02	0.62	0.22	0.84	10	25	21.96	0.87	0.06	57.69	
17-16	1635.922	1635.922	67.044	246.00	244.23	1.950	0.02	1.12	0.15	1.26	10	25	21.96	0.87	0.01	8.72	
16-20	986.860	13440.222	54.560	244.23	240.33	3.250	0.02	0.91	0.22	1.13	10	25	21.96	0.87	0.07	71.68	
21-20	2049.568	2049.568	64.525	244.21	240.33	1.950	0.02	1.08	0.15	1.22	10	25	21.96	0.87	0.01	10.93	
20-24	818.354	16308.143	48.640	240.33	236.22	3.250	0.02	0.81	0.22	1.03	10	25	21.96	0.87	0.09	86.97	
35-24	5406.415	5406.415	216.997	236.50	235.59	3.250	0.02	3.62	0.22	3.83	10	25	21.96	0.87	0.03	28.83	
24-25	123.877	21838.434	13.856	236.22	235.60	1.950	0.02	0.23	0.15	0.38	10	25	21.96	0.87	0.12	116.46	
26-25	2585.760	2585.760	95.200	239.73	236.16	1.950	0.02	1.59	0.15	1.73	10	25	21.96	0.87	0.01	13.79	
25-30	3967.245	28391.440	119.818	236.16	230.25	1.950	0.02	2.00	0.15	2.14	10	25	21.96	0.87	0.15	151.41	
1-5	357.578	357.578	32.743	262.23	260.47	1.950	0.02	0.55	0.15	0.69	10	25	21.96	0.87	0.00	1.91	
5-4	1662.098	2019.676	77.248	260.47	256.47	3.250	0.02	1.29	0.22	1.51	10	25	21.96	0.87	0.01	10.77	
4-8	1511.525	3531.201	60.490	256.47	255.03	3.250	0.02	1.01	0.22	1.23	10	25	21.96	0.87	0.02	18.83	
8-14	1603.453	5134.654	59.958	255.03	250.50	3.250	0.02	1.00	0.22	1.22	10	25	21.96	0.87	0.03	27.38	
15-14	968.030	968.030	39.477	252.00	250.50	1.950	0.02	0.66	0.15	0.80	10	25	21.96	0.87	0.01	5.16	
14-12	627.665	6730.349	31.137	250.50	250.03	3.250	0.02	0.52	0.22	0.74	10	25	21.96	0.87	0.04	35.89	
12-17	739.890	7470.238	37.627	250.03	246.00	3.250	0.02	0.63	0.22	0.84	10	25	21.96	0.87	0.04	39.84	
18-17	185.605	185.605	21.709	247.65	246.00	1.950	0.02	0.36	0.15	0.51	10	25	21.96	0.87	0.00	0.99	
17-21	1536.465	9192.308	57.990	246.00	244.21	3.250	0.02	0.97	0.22	1.18	10	25	21.96	0.87	0.05	49.02	
21-26	2216.770	11409.078	61.913	244.21	239.73	3.250	0.02	1.03	0.22	1.25	10	25	21.96	0.87	0.06	60.84	
26-30	543.280	11952.357	31.467	239.73	235.25	3.250	0.02	0.52	0.22	0.74	10	25	21.96	0.87	0.06	63.74	
30-31	2420.105	42763.902	73.816	235.25	231.54	1.950	0.02	1.23	0.15	1.38	10	25	21.96	0.87	0.23	228.06	
4-6	151.079	151.079	23.492	256.47	255.86	1.950	0.02	0.39	0.15	0.54	10	25	21.96	0.87	0.00	0.81	
6-9	973.299	1124.378	63.151	255.86	251.75	3.600	0.02	1.05	0.24	1.29	10	25	21.96	0.87	0.01	6.00	
8-9	223.965	223.965	25.569	255.03	251.75	1.950	0.02	0.43	0.15	0.57	10	25	21.96	0.87	0.00	1.19	
9-13	843.563	2191.906	52.678	251.75	248.37	3.600	0.02	0.88	0.24	1.11	10	25	21.96	0.87	0.01	11.69	
13-18	1760.297	3952.203	69.866	248.37	247.65	3.600	0.02	1.16	0.24	1.40	10	25	21.96	0.87	0.02	21.08	
18-22	2461.998	6414.201	90.703	247.65	241.80	3.600	0.02	1.51	0.24	1.75	10	25	21.96	0.87	0.03	34.21	
23-22	1838.597	1838.597	94.671	242.97	241.80	1.950	0.02	1.58	0.15	1.72	10	25	21.96	0.87	0.01	9.81	
22-27	1011.822	9264.619	43.710	241.80	238.00	3.600	0.02	0.73	0.24	0.96	10	25	21.96	0.87	0.05	49.41	
26-27	1897.226	1897.226	73.758	239.73	237.88	1.950	0.02	1.23	0.15	1.38	10	25	21.96	0.87	0.01	10.12	
27-31	1086.787	12248.632	49.994	237.88	235.07	3.600	0.02	0.83	0.24	1.07	10	25	21.96	0.87	0.07	65.32	
31-33	1764.906	56777.441	66.787	235.07	231.23	1.950	0.02	1.11	0.15	1.26	10	25	21.96	0.87	0.30	302.79	
13-19	1073.757	1073.757	91.253	248.37	245.43	1.950	0.02	1.52	0.15	1.67	10	25	21.96	0.87	0.01	5.73	
18-19	548.531	548.531	37.854	247.65	245.43	1.950	0.02	0.63	0.15	0.78	10	25	21.96	0.87	0.00	2.93	
19-23	1295.415	2917.703	100.486	245.43	243.27	1.950	0.02	1.67	0.15	1.82	10	25	21.96	0.87	0.02	15.56	
23-29	1163.736	4081.439	106.099	243.27	238.71	1.950	0.02	1.77	0.15	1.92	10	25	21.96	0.87	0.02	21.77	
29-28	823.140	4904.578	97.705	238.71	237.71	1.950	0.02	1.63	0.15	1.78	10	25	21.96	0.87	0.03	26.16	
23-28	551.202	551.202	28.372	242.97	237.71	3.600	0.02	0.47	0.24	0.71	10	25	21.96	0.87	0.00	2.94	
22-28	1296.464	1296.464	66.633	241.00	237.71	1.950	0.02	1.11	0.15	1.26	10	25	21.96	0.87	0.01	6.91	
28-32	406.811	7159.055	30.395	237.71	236.77	3.600	0.02	0.51	0.24	0.74	10	25	21.96	0.87	0.04	38.18	
27-32	910.012	910.012	24.145	238.00	236.77	1.950	0.02	0.40	0.15	0.55	10	25	21.96	0.87	0.00	4.85	
32-33	916.820	8985.887	32.733	236.77	231.23	3.600	0.02	0.55	0.24	0.78	10	25	21.96	0.87	0.05	47.92	
33-34	412.630	66175.958	28.202	231.23	224.98	3.600	0.02	0.47	0.24	0.71	10	25	21.96	0.87	0.35	352.91	

Nota: Autoría Propia.

-Diseño de cunetas

Para las cunetas se utilizaron los datos de los caudales obtenidos por el

método racional, para ello se utilizó la fórmula de Manning $Q = \frac{A \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}}{n}$,

optando por un valor de 0.013 debido que la superficie de las paredes de las cunetas es de concreto, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 22.

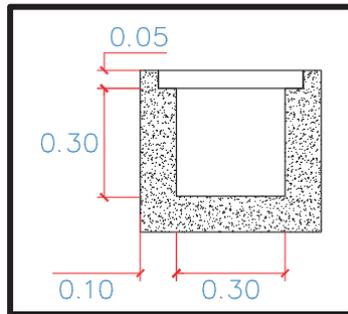
Diseño de cunetas.

TRAMO	Q cuenca (m ³ /s)	DISEÑO DE CUNETETA				Resultados				SECCION CUNETETA			
		S (m/m) Longitudinal	Q diseño (m ³ /s)	n (Manning)	b	y(m)	A(m2)	T(m)	p(m)	b	H	SECCION	
1-2	0.00	0.018	0.00	0.013	0.300	0.01	0.003	0.300	0.318	60 cm	x	60 cm	B-B
2-3	2.67	0.063	1.34	0.013	0.600	0.38	0.229	0.600	1.363	60 cm	x	60 cm	B-B
4-3	0.00	0.006	0.00	0.013	0.300	0.03	0.008	0.300	0.355	30 cm	x	30 cm	A-A
3-7	2.67	0.030	1.35	0.013	0.600	0.51	0.306	0.600	1.620	60 cm	x	60 cm	B-B
8-7	0.00	0.010	0.00	0.013	0.300	0.02	0.007	0.300	0.350	30 cm	x	30 cm	A-A
7-10	2.67	0.084	1.36	0.013	0.600	0.34	0.207	0.600	1.288	60 cm	x	60 cm	B-B
15-11	0.00	0.069	0.00	0.013	0.300	0.01	0.002	0.300	0.311	30 cm	x	30 cm	A-A
12-11	0.00	0.003	0.00	0.013	0.300	0.02	0.007	0.300	0.348	30 cm	x	30 cm	A-A
11-10	0.00	0.132	0.00	0.013	0.300	0.01	0.003	0.300	0.322	30 cm	x	30 cm	A-A
10-16	2.67	0.072	1.36	0.013	0.600	0.37	0.220	0.600	1.333	60 cm	x	60 cm	B-B
17-16	0.00	0.026	0.00	0.013	0.300	0.02	0.005	0.300	0.336	30 cm	x	30 cm	A-A
16-20	2.67	0.071	1.37	0.013	0.600	0.37	0.221	0.600	1.337	60 cm	x	60 cm	B-B
21-20	0.00	0.060	0.01	0.013	0.300	0.02	0.005	0.300	0.332	30 cm	x	30 cm	A-A
20-24	2.67	0.084	1.38	0.013	0.600	0.35	0.208	0.600	1.294	60 cm	x	60 cm	B-B
35-24	0.00	0.004	0.01	0.013	0.300	0.07	0.022	0.300	0.445	30 cm	x	30 cm	A-A
24-25	2.67	0.045	1.39	0.013	0.600	0.45	0.269	0.600	1.496	60 cm	x	60 cm	B-B
26-25	0.00	0.037	0.01	0.013	0.300	0.02	0.007	0.300	0.343	30 cm	x	30 cm	A-A
25-30	2.67	0.049	1.41	0.013	0.600	0.44	0.261	0.600	1.471	60 cm	x	60 cm	B-B
1-5	0.00	0.054	0.00	0.013	0.300	0.01	0.002	0.300	0.311	60 cm	x	60 cm	B-B
5-4	2.67	0.052	1.34	0.013	0.600	0.41	0.246	0.600	1.421	60 cm	x	60 cm	B-B
4-8	2.67	0.024	1.34	0.013	0.600	0.56	0.336	0.600	1.721	60 cm	x	60 cm	B-B
8-14	2.67	0.076	1.35	0.013	0.600	0.36	0.214	0.600	1.313	60 cm	x	60 cm	B-B
15-14	0.00	0.038	0.00	0.013	0.300	0.01	0.004	0.300	0.323	30 cm	x	30 cm	A-A
14-12	2.67	0.015	1.35	0.013	0.600	0.68	0.408	0.600	1.958	60 cm	x	60 cm	B-B
12-17	2.67	0.107	1.35	0.013	0.600	0.31	0.188	0.600	1.226	60 cm	x	60 cm	B-B
18-17	0.00	0.076	0.00	0.013	0.300	0.00	0.001	0.300	0.307	30 cm	x	30 cm	A-A
17-21	2.67	0.031	1.36	0.013	0.600	0.51	0.306	0.600	1.619	60 cm	x	60 cm	B-B
21-26	2.67	0.072	1.36	0.013	0.600	0.37	0.219	0.600	1.331	60 cm	x	60 cm	B-B
26-30	2.67	0.142	1.37	0.013	0.600	0.28	0.170	0.600	1.167	60 cm	x	60 cm	B-B
30-31	5.33	0.050	2.78	0.013	0.600	0.75	0.451	0.600	2.102	60 cm	x	60 cm	B-B
4-6	0.00	0.026	0.00	0.013	0.300	0.00	0.001	0.300	0.308	30 cm	x	30 cm	A-A
6-9	2.67	0.065	1.34	0.013	0.600	0.38	0.225	0.600	1.350	60 cm	x	60 cm	B-B
8-9	0.00	0.128	0.00	0.013	0.300	0.00	0.001	0.300	0.307	30 cm	x	30 cm	A-A
9-13	2.67	0.064	1.34	0.013	0.600	0.38	0.227	0.600	1.356	60 cm	x	60 cm	B-B
13-18	2.67	0.010	1.34	0.013	0.600	0.79	0.476	0.600	2.186	60 cm	x	60 cm	B-B
18-22	2.67	0.064	1.35	0.013	0.600	0.38	0.228	0.600	1.359	60 cm	x	60 cm	B-B
23-22	0.00	0.012	0.00	0.013	0.300	0.02	0.007	0.300	0.350	30 cm	x	30 cm	A-A
22-27	2.67	0.087	1.36	0.013	0.600	0.34	0.204	0.600	1.280	60 cm	x	60 cm	B-B
26-27	0.00	0.025	0.01	0.013	0.300	0.02	0.006	0.300	0.341	30 cm	x	30 cm	A-A
27-31	2.67	0.056	1.37	0.013	0.600	0.40	0.242	0.600	1.408	60 cm	x	60 cm	B-B
31-33	8.00	0.057	4.15	0.013	0.800	0.70	0.561	0.800	2.201	80 cm	x	85 cm	B-B
13-19	0.00	0.032	0.00	0.013	0.300	0.01	0.004	0.300	0.326	30 cm	x	30 cm	A-A
18-19	0.00	0.059	0.00	0.013	0.300	0.01	0.002	0.300	0.314	30 cm	x	30 cm	A-A
19-23	0.00	0.021	0.01	0.013	0.300	0.03	0.008	0.300	0.356	30 cm	x	30 cm	A-A
23-29	0.00	0.043	0.01	0.013	0.300	0.03	0.008	0.300	0.356	30 cm	x	30 cm	A-A
29-28	0.00	0.010	0.01	0.013	0.300	0.05	0.015	0.300	0.400	30 cm	x	30 cm	A-A
23-28	0.00	0.185	0.00	0.013	0.300	0.01	0.002	0.300	0.310	30 cm	x	30 cm	A-A
22-28	0.00	0.049	0.00	0.013	0.300	0.01	0.004	0.300	0.326	30 cm	x	30 cm	A-A
28-32	0.00	0.031	0.02	0.013	0.300	0.04	0.013	0.300	0.389	30 cm	x	30 cm	A-A
27-32	0.00	0.051	0.00	0.013	0.300	0.01	0.003	0.300	0.321	30 cm	x	30 cm	A-A
32-33	0.00	0.169	0.02	0.013	0.300	0.03	0.009	0.300	0.359	30 cm	x	30 cm	A-A
33-34	8.00	0.222	4.18	0.013	0.600	0.57	0.342	0.600	1.739	80 cm	x	85 cm	B-B

Nota: Autoría Propia.

Figura 72.

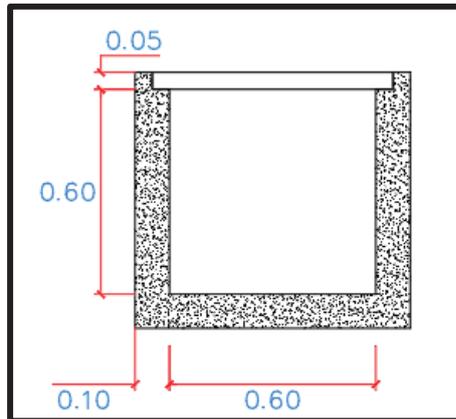
Sección de cuneta a proyectar A-A



Nota: Autoría Propia.

Figura 73.

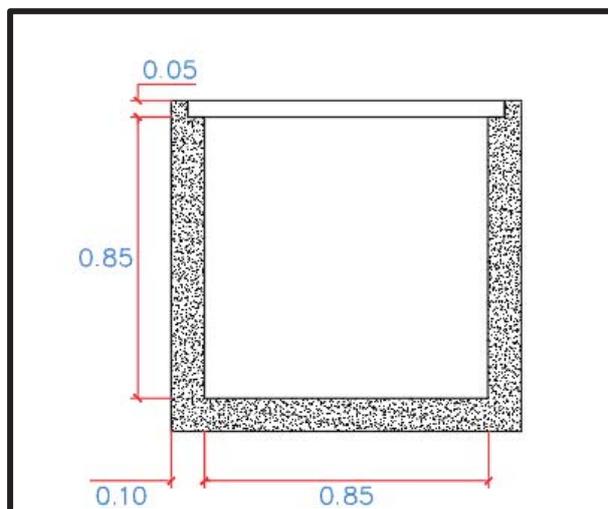
Sección de cuneta a proyectar B-B.



Nota: Autoría Propia.

Figura 74.

Sección de cuneta a proyectar C-C.



Nota: Autoría Propia.

f) Plan de evacuación

A partir del área inundable determinada previamente, se establecen varias rutas de evacuación con dirección a las zonas seguras, las cuales se hacen con la finalidad de salvaguardar las vidas de las personas con una ruta que tenga una longitud de recorrido más corta hasta el punto de zona segura.

Figura 75.

Rutas de evacuación del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Asimismo, se establecen puntos de colocación de señales en las rutas de evacuación a lo largo de su recorrido para instruir y orientar a la población a realizar el plan en el menor tiempo posible.

Figura 76.

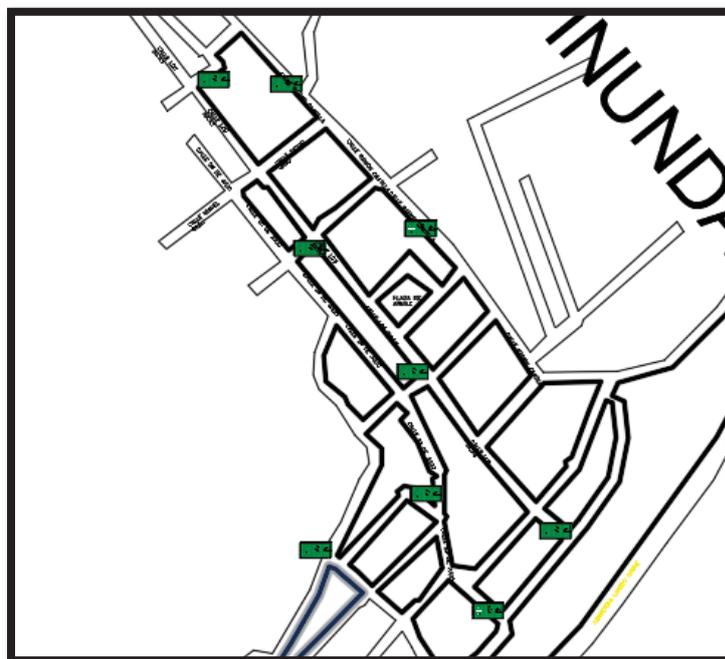
Señalización para la evacuación del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Figura 77.

Puntos de señalización ubicados en el C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Finalmente, se determinó como zona de concentración a la plaza de armas debido a que es donde hay más concurrencia de personas; y se determinó como zonas seguras 2 puntos altos y lejos de la zona inundable.

Figura 78.

Zona de concentración para evacuación del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

Figura 79.

Zonas seguras de evacuación del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

g) Área inundada de la cuenca del C.P Bello Horizonte

A partir de la topografía previamente realizada y de las secciones de las calles del Centro Poblado Bello Horizonte, se obtuvo el área total inundada procesando en el programa AutoCAD los datos obtenidos previamente con relación a los tirantes de inundación.

Figura 80.

Ejes de calles estudiadas del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

El área inundada es de 119907.7 m² o 11.99 hectáreas con un tirante máximo de 0.79 m. por encima del nivel de suelo a lo largo del pueblo Bello horizonte.

Figura 81.

Zona de inundabilidad del C.P Bello Horizonte.



Nota: Autoría Propia.

4.2. Docimasia de hipótesis

En base a los resultados obtenidos, se acepta la hipótesis planteada inicialmente acerca de que el diseño del drenaje pluvial y plan de evacuación del Centro Poblado Bello Horizonte, tendrá la función de orientar y guiar a la población hacia zonas seguras durante el desarrollo de un evento de inundación de máxima avenida; dado que para ello se ha hecho un análisis hidrológico e hidráulico correspondiente la zona de estudio a partir de una data topográfica y pluviométrica certificada por los organismos correspondientes y en base a la normativas debidas y actualizadas.

V. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para estimar el caudal del centro poblado Bello Horizonte, en la Libertad, se tuvo que delimitar la cuenca a partir del punto de aforo seleccionado, a fin de también encontrar el caudal de aporte que tiene las quebradas mencionadas previamente, para ello se realizó un análisis de precipitación teniendo en cuenta que como mínimo para un buen análisis se necesitan 20 años de datos, y en este estudio se procesaron desde el año 1964 al 2003. Se necesitó hacer de un análisis de consistencia de datos, el cual consiste en hacer un análisis estadístico de los datos hidrológicos, y validarla con la prueba de Kolgomorov - Smirnov, donde la mejor probabilidad es GEV-Max (L-Moments). Así mismo, se hicieron las curvas IDF y se obtuvieron los hietogramas de diseño, para así a partir del método racional y el método de convolución, obtener los diferentes caudales para cada tiempo de retorno. En este caso, no sólo se obtuvo para 100 años, además para, 2 años, 5 años, 10 años, 25 años y 50 años. Obteniendo así: Tr2(R):1 m³/s, Tr2(C):0.1 m³/s, Tr5(R): 3 m³/s, Tr5(C):1.1 m³/s, Tr10(R):5 m³/s, Tr10(C):4.2 m³/s, Tr25(R): 8m³/s, Tr25(C):11.7 m³/s, Tr50(R): 12 m³/s, Tr50(C): 20.4 m³/s, Tr100(R): 18m³/s y Tr100(C): 32.4 m³/s.

El levantamiento topográfico del CP. Bello Horizonte, se realizó mediante la exploración haciendo uso de un drone, con la capacidad de realizar un levantamiento topográfico. El vuelo para levantamiento del lugar de estudio duró un aproximado de 1hr, para así poder obtener una mejor resolución de las imágenes, y tener un mejor panorama del Centro Poblado Bello Horizonte. En total se obtuvo un perímetro de 2448.28 m y un área de 0.377 km². De acuerdo al relieve del terreno, en la parte superior al centro poblado podemos apreciar un terreno muy accidentado, y además con pendiente muy pronunciada.

Para poder calcular la altura de agua en las calles, previamente se debió haber realizado el estudio hidrológico, y topografía, a fin de conocer la realidad del proyecto y así poder obtener los tirantes de agua que escurren por las calles principales del CP Bello Horizonte, las cuales por practicidad se han tomado por tramos teniendo como tirantes de agua por tramo los siguientes resultados: T1-2=0.01m, T2-3=0.38m, T4-3=0.03m, T3-7=0.51m, T8-7=0.02m, T7-

10=0.34m, T15-11=0.01m, T12-11=0.02m, T11-10=0.01m, T10-16=0.37m, T17-16=0.02m, T16-20=0.37m, T21-20=0.02m, T20-24=0.35m, T35-24=0.07m, T24-25=0.45m, T26-25=0.02m, T25-30=0.44m, T1-5=0.01m, T5-4=0.41m, T4-8=0.56m, T8-14=0.36m, T15-14=0.01m, T14-12=0.68m, T12-17=0.31m, T18-17=0.00m, T17-21=0.51m, T21-26=0.37m, T26-30=0.28m, T30-31=0.75m, T4-6=0.00m, T6-9=0.38m, T8-9=0.00m, T9-13=0.38m, T13-18=0.79m, T18-22=0.38m, T23-22=0.02m, T22-27=0.34m, T26-27=0.02m, T27-31=0.40m, T31-33= 0.70m, T13-19=0.01m, T18-19=0.01m, T19-23=0.03m, T23-29=0.03m, T29-28=0.05m, T23-28=0.01m, T22-28=0.01m, T28-32=0.04m, T27-32=0.01m, T32-33=0.03m y T33-34=0.57m.

Con ayuda del Software HECRAS, se podrá obtener las características hidráulicas, que consiste en importar al software la topografía a fin de que nos proporcione secciones transversales tales que nos permita poder conocer con mejor precisión como es la orografía de la cuenca. Con respecto a la calle 28 de Julio, se obtuvieron 4 secciones transversales para representar sus características en donde para para la sección 1 resultó un tirante de 0.67 m, una velocidad de flujo de 2.26 m/s y una pendiente de 0.008359 m/m; para la sección 2 resultó un tirante de 0.36 m, una velocidad de flujo de 1.60 m/s y una pendiente de 0.0098 m/m; para la sección 3 resultó un tirante de 0.51 m, una velocidad de flujo de 2.08 m/s y una pendiente de 0.008721 m/m; para la sección 4 resultó un tirante de 0.48 m, una velocidad de flujo de 1.99 m/s y una pendiente de 0.008901 m/m. Con respecto a la calle Ramón Castilla, se obtuvieron 9 secciones transversales para representar sus características hidráulicas en donde para la sección 1 resultó un tirante de 0.22 m, una velocidad de flujo de 1.46 m/s y una pendiente de 0.011496 m/m; para la sección 2 resultó un tirante de 0.31 m, una velocidad de flujo de 1.61 m/s y una pendiente de 0.011387 m/m; para la sección 3 resultó un tirante de 0.22 m, una velocidad de flujo de 1.42 m/s y una pendiente de 0.011414 m/m; para la sección 4 resultó un tirante de 0.19 m, una velocidad de flujo de 1.30 m/s y una pendiente de 0.011297 m/m; para la sección 5 resultó un tirante de 0.29 m, una velocidad de flujo de 1.43 m/s y una pendiente de 0.011104 m/m; para la sección 6 resultó un tirante de 0.18 m, una velocidad de flujo de 1.07 m/s y una pendiente de 0.013279 m/m; para la sección 7 resultó un tirante de 0.25 m, una

velocidad de flujo de 1.47 m/s y una pendiente de 0.010845 m/m; para la sección 8 resultó un tirante de 0.45 m, una velocidad de flujo de 1.19 m/s y una pendiente de 0.013832 m/m; para la sección 9 resultó un tirante de 0.27 m, una velocidad de flujo de 1.24 m/s y una pendiente de 0.012391 m/m.

A partir de nuestros caudales calculados, gracias a nuestro análisis de consistencia de datos hidrológicos (datos pluviométricos), y a la topografía previamente realizada junto a las secciones de las calles definidas, podemos obtener nuestro mapa de inundación del Centro Poblado Bello Horizonte plasmando en el software AutoCAD los datos hidráulicos obtenidos con respecto a los tirantes de inundación. Con ello, se obtuvo así un área de inundación total de: 11.99 has. (119907.7 m²) con un tirante máximo de 0.79 m. por encima del nivel de suelo a lo largo del C.P Bello Horizonte.

Como se sabe, en la presente investigación se utilizó el sistema de cunetas para el drenaje pluvial, el cual será descargado hacia un punto en específico. El correcto diseño del drenaje pluvial, debe estar basado en normas establecidas, las cuales ayudarán a tener una correcta planeación, ejecución y mantenimiento del mismo. Así mismo, se conoce que, en algunas ciudades del Perú, no se cuenta con un sistema de drenaje pluvial, existen canales, vías, ductos tipo cunetas en mayor y menor tamaño, pero se encuentran con desgastes, llenos de vegetación, es por ello que, la investigación cumple con un buen propósito al resolver una problemática tan recurrente.

La investigación concuerda con la tesis de los autores Purizaca y Saucedo (2020) , la cual manifiesta que la ciudad de Trujillo no cuenta con un sistema de drenaje pluvial urbano, lo cual viene ocasionando a lo largo de los años, problemas vehiculares y peatonales. El punto en el que discrepa es que, la presente investigación cuenta con un sistema de drenaje pluvial en base a cunetas, y la investigación de dichos autores, cuenta con un sistema de drenaje pluvial en base a tuberías enterradas.

Así mismo, la tesis de los autores Lima y Quispe (2018), indican que utilizó la metodología de los “Drenes Filtrantes” debido a que permite transportar con

mayor facilidad el agua captada de las precipitaciones, “hacia los cuerpos receptores que en este caso se han elegido pozos de retención, ubicadas estratégicamente en áreas verdes, con el fin de tener una mejor gestión de estas aguas ya que permite almacenarlas para su posterior uso”. En comparación de la presente investigación, sólo se diseñó un sistema de drenaje que vaya hacia un punto en específico, sin darle mayor uso a estas aguas que pueden ser utilizadas en otras cosas tal y como lo hace en la investigación de dichos autores.

En caso de que existan inundaciones por las lluvias en gran cantidad, se plantearon sistemas o rutas de evacuación con la finalidad de salvaguardar las vidas, hasta llegar a un punto o zona segura. Así mismo, se estableció un sistema que cuente con señalizaciones o información para que los pobladores de la zona sepan a donde recurrir en caso de emergencia. Por ello, la presente investigación identificó 3 zonas seguras, a las cuales la población puede acudir en caso de inundación.

CONCLUSIONES

-Se realizó un estudio hidrológico el cual, después de haber hecho los procesos previamente descritos, nos dio como resultado los siguientes caudales para cada tiempo de retorno planteados (2 años, 5 años, 10 años, 25 años, 50 años y 100 años): Tr2(R):1 m³/s, Tr2(C):0.1 m³/s, Tr5(R): 3 m³/s, Tr5(C):1.1 m³/s, Tr10(R):5 m³/s, Tr10(C):4.2 m³/s, Tr25(R): 8m³/s, Tr25(C):11.7 m³/s, Tr50(R): 12 m³/s, Tr50(C): 20.4 m³/s, Tr100(R): 18m³/s y Tr100(C): 32.4 m³/s. siendo este último valor (32.4m³/s) el estimado en el punto de interés para la máxima avenida.

-Se realizó el levantamiento topográfico con Drone. Con respecto a la planimetría del terreno tenemos un perímetro de 2448.28 m y un área de 0.377 km² que se había considerado un área aproximada de 20 hectáreas lo cual varía notablemente. Teniendo además en cuenta que se trabajó en el DATUM WGS 84, en la Zona 17, Zona sur. Teniendo en cuenta la altimetría la zona de estudio se encuentra en entre las cotas 300 msnm y 220 msnm.

-De acuerdo al estudio hidrológico y el cálculo de los caudales se pudo obtener los tirantes de agua para las principales calles, los cuales se presentan en tramos: T1-2=0.01m, T2-3=0.38m, T4-3=0.03m, T3-7=0.51m, T8-7=0.02m, T7-10=0.34m, T15-11=0.01m, T12-11=0.02m, T11-10=0.01m, T10-16=0.37m, T17-16=0.02m, T16-20=0.37m, T21-20=0.02m, T20-24=0.35m, T35-24=0.07m, T24-25=0.45m, T26-25=0.02m, T25-30=0.44m, T1-5=0.01m, T5-4=0.41m, T4-8=0.56m, T8-14=0.36m, T15-14=0.01m, T14-12=0.68m, T12-17=0.31m, T18-17=0.00m, T17-21=0.51m, T21-26=0.37m, T26-30=0.28m, T30-31=0.75m, T4-6=0.00m, T6-9=0.38m, T8-9=0.00m, T9-13=0.38m, T13-18=0.79m, T18-22=0.38m, T23-22=0.02m, T22-27=0.34m, T26-27=0.02m, T27-31=0.40m, T31-33= 0.70m, T13-19=0.01m, T18-19=0.01m, T19-23=0.03m, T23-29=0.03m, T29-28=0.05m, T23-28=0.01m, T22-28=0.01m, T28-32=0.04m, T27-32=0.01m, T32-33=0.03m y T33-34=0.57m, dando así como tirante máximo en el tramo 13-18 de 0.79m.

-Con ayuda del Software HECRAS, y la topografía del lugar de las quebradas, se pudieron determinar las siguientes características hidráulicas de las calles 28 de Julio y Ramón Castilla, en donde para una representación más detallada de dichos factores se consideró 4 secciones transversales para la primera calle en mención y 9 secciones transversales para la segunda.

-El área inundada es de: 11.99 has. (119907.7 m²) con un tirante máximo de 0.79 m. por encima del nivel de suelo a lo largo del C.P Bello Horizonte.

-Se realizó el diseño de drenaje pluvial urbano, bajo parámetros normativos, del centro poblado Bello Horizonte en el departamento de La Libertad, con un sistema de cunetas a un punto de descarga identificado, teniendo en cuenta el caudal que escurre en la ciudad y el caudal proveniente de la cuenca como se señala en los planos DP-1 y DP-2.

-Se identificaron rutas de evacuación teniendo cuenta en primera instancia las zonas de inundaciones que tendría el centro poblado. Una vez definido el área inundable ya sea por software o fuentes de información como este caso, se establecen varias rutas de evacuación como se pueden notar en el plano PE-1.

-Así mismo, se establecieron puntos en la ruta de evacuación, en los cuales estarán indicadas las señalizaciones para que los pobladores puedan identificar las zonas seguras ante posibles emergencias o inundaciones como se describe en el plano PE-1.

-Se estableció como zona de concentración a la Plaza de Armas del centro poblado Bello Horizonte en el departamento de La Libertad que cumple con ser una zona donde hay más concurrencia de personas, y adicionalmente, se identificó dos zonas seguras en puntos altos del centro poblado, donde hay menos concurrencia de personas y además porque se encuentra lejos de la zona inundable como se señala en el plano PE-1.

RECOMENDACIONES

-Se recomienda que, para el estudio hidrológico, se tenga como mínimo, de cada estación pluviométrica a usar, 20 años de datos, para poder así tener un mejor análisis de datos de precipitación.

-Al momento de hacer un levantamiento topográfico con drone, elevar este a una altura que permita captar mejor resolución de imágenes, y tener como mínimo 3 puntos de control, con el propósito de georreferenciar y corregir desfases. Tener en cuenta, que la resolución dependerá del tipo y marca de lente del drone.

-Para obtener los tirantes de agua, área inundada, etc., se recomienda tener una buena topografía, a fin de tener el menor desfase posible.

-Para el modelamiento hidráulico de la quebrada, se recomienda ir a hacer reconocimiento de campo, a fin de poner de manera correcta los coeficientes de rugosidad (Manning) en el software computacional.

-Para tratar los datos de área inundada se recomienda diferenciarlos por colores, a fin de ver las velocidades para las diferentes secciones, y por ver si existe velocidades erosionables.

-Se recomienda conocer las condiciones del terreno en las que se encuentra la localidad en estudio, así mismo, conocer bien los parámetros hidrológicos, con el fin de escoger bien el tipo de sistema de drenaje pluvial a utilizar.

-Es necesario conocer bien las zonas que más se inundarían utilizando softwares especiales donde se pueda modelar la simulación, a fin de conocer

las zonas menos inundables para que sean puntos estratégicos en donde se puedan salvaguardar vidas en caso de emergencia.

-Se recomienda el buen uso de señalizaciones y de brindar información o charlas hacia los pobladores, para que conozcan los peligros que puedan ocurrir frente a las emergencias, y así puedan actuar de manera rápida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AXA Colpatria. (2017). *Plan de evacuación*. AXA Colpatria.

Benites, M., & Bustamante, A. (2020). *Diseño de un sistema de drenaje urbano pluvial en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín – Trujillo- La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego. Obtenido de <https://bit.ly/3yeDMk5>

Chow, V. T. (1983). *Hidráulica de canales Abiertos*. Ciudad de Mexico, Mexico: Diana.

Del Río, O., Gómez, F., López, N., Saenz, J., & Espinoza, A. (2020). Análisis comparativo de levantamiento topográfico tradicional y tecnología de Drones. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2(1-13), 14. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1939/193963490001/193963490001.pdf>

Díaz, L., & Rodríguez, A. (2016). Evaluación del riesgo por inundación en la comunidad Pradera Alta, municipio Maracaibo. Venezuela. *Minería y Geología*, 32(3), 1-15. Obtenido de <https://bit.ly/3OKXtaa>

Edirisinghe, E., Pussella, P., & Vidarshana, W. (2021). GIS based Approach for Planning the Evacuation Process During Flash Floods: Case Study for Gampaha Divisional Secretariat Division, Sri Lanka. *Journal of Geospatial Surveying*, 1(1), 32-38. doi:<https://bit.ly/3AIKdPI>

Ferreira, M., & Aira, V. (2018). *Aplicaciones topográficas de los drones*. Obtenido de <http://www.bibliotecacpa.org.ar/greenstone/collect/otragr/index/assoc/HASH0159/314a3cb8.dir/doc.pdf>

- Gámez, W. (2010). *Texto Básico de Hidrología*. Universidad Nacional Agraria. Obtenido de <http://repositorio.una.edu.ni/2464/1/np10g192.pdf>
- Global Mediterránea Geomática. (29 de Junio de 2018). *Levantamientos topográficos mediante dron*. Obtenido de <https://www.globalmediterranea.es/levantamientos-topograficos-mediante-dron/>
- Gutiérrez , C. (2014). *Hidrologia Basica y Aplicada*. Universidad Politécnica Salesiana.
- Jiménez, J. (2017). *Manual para el diseño de sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario*. Universidad Veracruzana.
- Lima, M., & Quispe, L. (2018). *Evacuación de aguas pluviales aplicando técnicas de drenaje urbano sostenible en la localidad de Alto Libertad*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <https://bit.ly/3Asyrlo>
- Loyola Morales, J. F. (2019). *Evaluación del riesgo por inundación en la quebrada del cauce de Río Grande, tramo desde el puente Candopata hasta el puente Cumbicus de la ciudad de huamachuco, provincia de Sanches Carrión - La Libertad*. Trujillo: UCV.
- Mendoza, M. (2016). *Evaluacion del riesgo por inundación en la quebrada Romero, del distrito de Cajamarca, Periodo 2011 - 2016*. Cajamarca: Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo. Obtenido de <https://bit.ly/3lcQ4hr>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones.
- Ministerio de Transportes y comunicaciones, M. (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima: Ministerio de Transportes y comunicaciones.
- Purizaca, F., & Saucedo, A. (2020). *Diseño de drenaje pluvial urbano en la avenida Jesús de Nazareth,*. Trujillo: Universidad Cesar Vallejo. Recuperado el 2022, de <https://bit.ly/3P6b23C>

Ramírez, W. (2020). *Precipitación Pluvial y Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial en las Calles de Asociación Aliaga, Distrito Puquio – Lucanas – Ayacucho*. Lima: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://bit.ly/3yFU0Ei>

Reyes, A. (2012). *Aspectos generales para la asignatura de hidráulica e hidrología*. Universidad Nacional Autónoma de México.

Salas, M., & Jiménez, M. (2021). *Inundaciones*. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana. Obtenido de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/3-FASCCULOINUNDACIONES.PDF>

Soluciones Prácticas. (2014). *Gestión de las inundaciones en Perú*. Obtenido de <http://repo.floodalliance.net/jspui/bitstream/44111/2182/1/188677201622912452.pdf>

ANEXOS

Anexo N°01: Parámetros de procesamiento del levantamiento topográfico

GENERALES

CÁMARA	698
CÁMARAS ORIENTADAS	698
MARCADORES	6

SISTEMA DE COORDENADAS	WGS 84 / UTM Zona L
ANGULO DE ROTACION	Alabeo, Cabeceo, Guiñada

NUBE DE PUNTOS

PUNTOS	4,095 de 5,262
COLORES DE PUNTOS	3 bandas, uint8
RMS ERROR DE REPROVECCIÓN	0.168455 (0.99156 pix)
ERROR DE REPROVECCIÓN	0.562255 (34.2502 px)
TAMAÑO PROMEDIO DE PUNTOS CARACTERÍSTICOS	5.73996 pix
SUPERPOSICIÓN EFECTIVA	3.23259

PARÁMETROS DE ORIENTACION

PRECISIÓN	Alta
PRE-SELECCIÓN GENÉRICA	Sí
PRE-SELECCIÓN DE REFERENCIA	Sí
PUNTOS CLAVE POR FOTO	30,000
PUNTOS DE ENLACE POR FOTO	3,000
ADAPTATIVO AJUSTE DEL MODELO DE CÁMARA	Sí
TIEMPO DE BÚSQUEDA DE PUNTOS HOMÓLOGOS	49 minutos 12 segundos
TIEMPO DE ORIENTACIÓN	8 minutos 25 segundos

NUBE DE PUNTOS DENSA

PUNTOS	33,465,908
COLORES DE PUNTOS	3 bandas, uint8

PARÁMETROS DE RECONSTRUCCIÓN

CALIDAD	Media
FILTRADO DE PROFUNDIDAD	Agresivo
TIEMPO DE GENERACIÓN DE MAPAS DE PROFUNDIDAD	26 minutos 12 segundos
TIEMPO DE GENERACIÓN DE NUBE DE PUNTOS DENSA	15 minutos 52 segundos

DEM

TAMAÑO	12,168 x 9,128
SISTEMA DE COORDENADAS	WGS 84 / UTM Zona L

PARÁMETROS DE RECONSTRUCCIÓN

DATOS FUENTE	Nube de puntos densa
INTERPOLACIÓN	Activada
DURACIÓN DEL PROCESAMIENTO	1 minuto 01 segundos

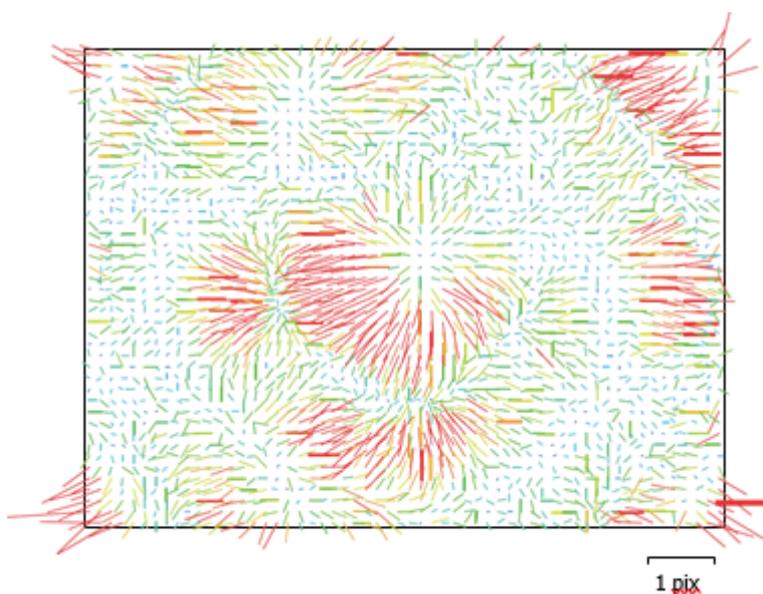
ORTOMOSAICO

TAMAÑO	37,325 x 29,741
SISTEMA DE COORDENADAS	WGS 84 / UTM Zona L
COLORES	3 bandas, uint8

PARÁMETROS DE RECONSTRUCCIÓN

MODO DE MEZCLA	Mosaico
SUPERFICIE	DEM
REALIZAR EL RELLENO DE AGUJEROS	Sí
DURACIÓN DEL PROCESAMIENTO	19 minutos 15 segundos

CALIBRACIÓN DE CÁMARA



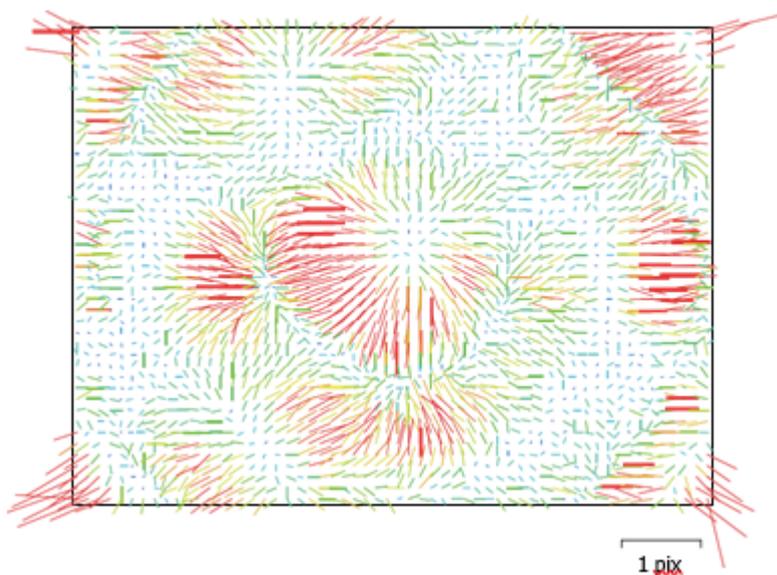
Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.58 mm

Tamaño de píxel
1.52 x 1.52 micras

	Valor	Error	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3004.63								
B1	1.24788	0.14	1.00	-0.02	0.02	-0.05	0.07	-0.07	0.08
B2	8.54455	0.14		1.00	0.00	-0.01	0.01	-0.06	-0.08
K1	0.0482778	0.00012			1.00	-0.87	0.83	-0.03	-0.00
K2	-0.142352	0.00038				1.00	-0.99	-0.00	0.00
K3	0.131387	0.00041					1.00	-0.00	0.00
P1	0.00111042	6.9e-06						1.00	0.01
P2	-0.000348675	6.8e-06							1.00



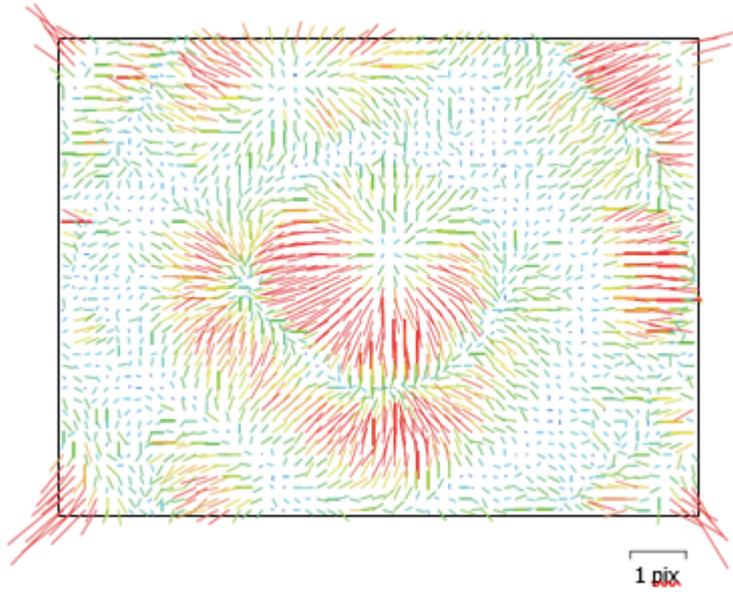
Tipo
Cuadro

Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.78 mm

Tamaño de píxel
1.53 x 1.53 micras

	Valor	Error	C_x	C_y	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	3120.19										
C_x	4.4524	0.14	1.00	0.03	0.03	-0.10	-0.00	0.02	-0.03	0.31	0.04
C_y	-4.57339	0.12		1.00	0.09	0.00	-0.00	0.01	-0.01	0.01	0.40
B1	-0.206541	0.15			1.00	-0.02	0.04	-0.08	0.10	-0.04	-0.00
B2	9.01519	0.14				1.00	-0.01	0.01	-0.01	0.04	-0.04
K1	0.0562922	0.0001					1.00	-0.84	0.80	-0.13	-0.02
K2	-0.176118	0.00033						1.00	-0.99	0.03	0.01
K3	0.17487	0.00038							1.00	-0.04	-0.01
P1	0.00102884	5.6e-06								1.00	0.03
P2	-0.000368153	5.7e-06									1.00



Tipo
Cuadro

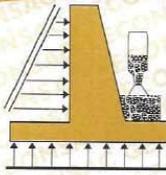
Resolución
4000 x 3000

Distancia focal
4.48 mm

Tamaño de píxel
1.55 x 1.55 micras

	Valor	Error	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	2889.06								
B1	1.71335	0.13	1.00	-0.01	0.03	-0.05	0.07	0.00	-0.09
B2	8.39657	0.13		1.00	-0.00	0.00	-0.01	0.05	0.01
K1	0.0435436	0.0001			1.00	-0.84	0.80	-0.13	-0.00
K2	-0.114287	0.00029				1.00	-0.99	0.02	0.00
K3	0.096418	0.00028					1.00	-0.02	-0.01
P1	0.00111709	5.5e-06						1.00	-0.02
P2	-0.000355554	4.9e-06							1.00

Anexo N°02: Informe técnico de estudio de mecánica de suelos



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

INFORME GEOTECNICO CON FINES DE IDENTIFICACION
- Mayo del 2022

OBRA:

**“DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVALUACIÓN
FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO
BELLO HORIZONTE, LA LIBERTAD 2020”**

SOLICITANTE:

**MARLON CABELLOS MONTOYA
ROGER CHUQUIPOMA HILARIO**

UBICACIÓN:

DISTRITO:

LAREDO

PROVINCIA:

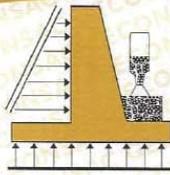
TRUJILLO

DEPARTAMENTO:

LA LIBERTAD



📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381
✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
✉ logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

INFORME TECNICO DE SUELOS Índice

1.0 GENERALIDADES

1.1	Objeto del estudio.....	1
1.2	Ubicación del área de estudio.....	1
1.3	Características del proyecto.....	1

2.0 INVESTIGACIONES EFECTUADAS

2.1	Trabajos de Campo.....	3
2.1.1	Calicatas.....	3
2.1.2	Ensayos de densidad de campo.....	3
2.1.3	Muestreo inalterado y disturbado.....	4
2.1.4	Registro de excavaciones.....	4
2.1.5	Nivel freático.....	4
2.2	Ensayos de Laboratorio.....	4
2.3	Clasificación de Suelos.....	5

3.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.....

5

4.0 EVALUACION DE SALES EN EL SUELO DE FUNDACION

6

5.0 ASPECTOS SISMICOS

6

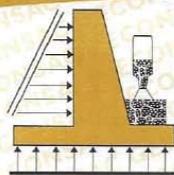
6.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....

11



GECON SAC
GEOTECNIA Y CONSTRUCCIONES S.A.C.
Ing. Jorge L. Quiñez Urdanivi
C.I.P. 91818
JEFE LABORATORIO ESTUDIOS GEOTECNICOS

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381
✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
✉ logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

INFORME TECNICO DE SUELOS

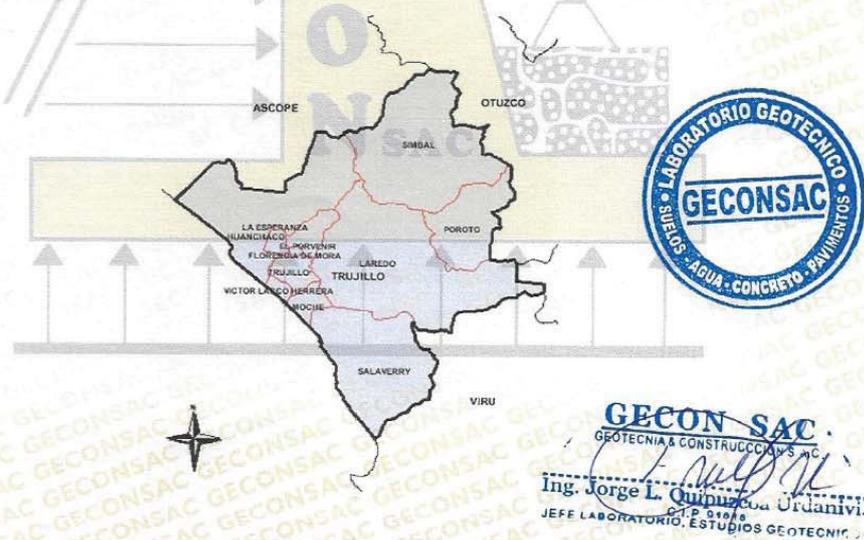
1.0 GENERALIDADES

1.2 Objeto del estudio

La presente investigación tiene por objeto realizar el estudio de mecánica de suelos con fines de evaluación del subsuelo "DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVALUACIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO HORIZONTE, LA LIBERTAD 2020" el mismo que se ha efectuado a través de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir el perfil estratigráfico del área de estudio, así como determinar los parámetros de resistencia, de esta forma poder proporcionar las características físico mecánicas del sub suelo; y las recomendaciones necesarias para el funcionamiento adecuado durante la vida útil del proyecto.

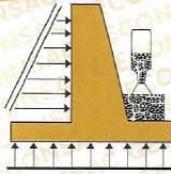
1.3 Ubicación del área de estudio

El área de estudio está ubicada en la provincia de Trujillo, región La Libertad.



Mapa N°1 provincia de Trujillo, Departamento de la Libertad

Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381
✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
✉ logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

2.0 INVESTIGACIONES EFECTUADAS

2.2 Trabajos de Campo

2.2.1 Calicatas

Con la finalidad de determinar el perfil estratigráfico del área de estudio fueron extraídas muestras para el posterior ensayo de laboratorio para determinar las propiedades físicas del suelo en la zona explorada de los sectores mencionados en líneas arriba. En una primera investigación, se ha realizado en total una (01) calicatas a cielo abierto con una profundidad de 1.50 m. distribuido convenientemente en el área de estudio.

Para el detalle del proyecto se han efectuado las siguientes exploraciones:

CUADRO N° 01

PUNTO DE UBICACIÓN DE CALICATAS		
CALICATA N°	COOR NORTE	COOR. ESTE
PC-1	-	-

2.2.2 Muestreo inalterado y disturbado

Se tomaron muestras de cada uno de los tipos de suelos encontrados en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e de identificación de los suelos.

Registro de excavaciones

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotando las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, tipo de grano, plasticidad, consistencia, granulometría, textura, color, etc.

2.2.3 Nivel freático

No Se encontró filtración de agua a los niveles excavados.

2.4 Ensayos de Laboratorio

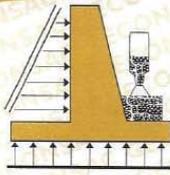
Los ensayos estándar y físico mecánicos se realizaron en el Laboratorio Geotécnico de la Empresa GEOCONSAC, según a los estándares de la ASTM, tales como:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM D-422
- Contenido de humedad ASTM D-2216
- Limite Líquido ASTM D-423



GECONSAC
GEOECNIA & CONSTRUCCIONES S.A.C.
Ing. Jorge L. Quiroz Urdanivia
C.T.P. 91018
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
948180393 - 993131322 - 993756435 044-250381
geconsac_laboratorio@hotmail.com
logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

- Limite Plástico ASTM D-424

(Ver anexo cuadro de resumen de ensayos de Laboratorio).

Cuadro resumen de ensayos de Laboratorio

CUADRO N° 02

CALICATA N°	MUESTRA	PROF. (m.)	% Humedad	%Gravas	%Arena	%Finos	%L.L	%L.P	%I.P
PC-1	M1	-0.0 a -1.50	3.7	44.6	26.2	23.7	18.3	13.7	4.6

2.5 Clasificación de Suelos

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), según se muestra en el siguiente cuadro y en las diversas zonas en que se ha realizado exploraciones para el proyecto definitivo:

CUADRO N° 03

CALICATA N°	PROF. (m.)	CLASIFICACION SUCS
PC-1	-0.00 a -1.50	Grava limo arcillosa con arena (GC-GM)

3.0 DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO

De acuerdo a los trabajos de campo y los ensayos de laboratorio se describe el siguiente perfil de suelo y de acuerdo a las zonas investigadas, conformantes del proyecto en cuestión: (VER ANEXOS)

CALICATA C -1:

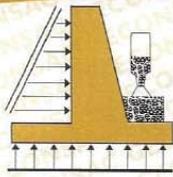
ESTRATO E-1/ profundidad 0.00 – 1.50 m. Estrato de suelo que corresponde a una: Grava limo arcillosa, material que pasa el 23.7% en la malla N° 200. Estrato de color marrón claro. Su clasificación en el sistema "SUCS" (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), indica que es un suelo "GC-GM", Clasificado en el sistema "AASHTO", como un suelo "A-1-b (0)", con una humedad natural de 3.7%, índice plástico 4.6%. Sus componentes son: grava 44.6%, arena 26.2% y finos 23.7%. No hay presencia del nivel freático.



GECONSAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.S.

Ing. Jorge L. Quintana Ordanivia
JEFE LABORATORIO ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
948180393 - 993131322 - 993756435 044-250381
geconsac_laboratorio@hotmail.com
logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

4.0 CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL SUELO DE SUBRASANTE (ENSAYOS ESPECIALES)

Adicionalmente se efectuaron los siguientes ensayos, que nos permite caracterizar la Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de Humedad, parámetros que intervienen en la determinación de la capacidad de Soporte (CBR) del suelo de fundación, estos son:

- Próctor Modificado MTC E 115 (ASTM D-1557)
- California Bearing Ratio (CBR) MTC E 132 (ASTM D-1883)

4.1. ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)

El ensayo de Próctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminúan, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la "óptima", que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

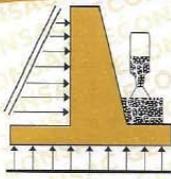
Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

CUADRO 4
- ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Clasificación(SU CS-AASHTO)	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
PC-01	M-1	0.00 a 1.50	GC-GM/A-1-b (0)	6.3	2.178

LABORATORIO GEOTECNICO
GECONSAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.
Ing. Jorge L. Quiroz Urdan
MDS
C.P. 1018
LABORATORIO ESTUDIOS GEOTEC

📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381
✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
✉ logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

4.2. CALIFORNIA BEARING RATIO – CBR (ASTM D-1883)

El Índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

Se usa en proyectos de pavimentación auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados.

El CBR que se usa para proyectar, es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1 pulgadas. Como el CBR de un agregado varía de acuerdo a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repetir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, por lo que se requiere un control minucioso. A menos que sea seguro que el suelo no acumulará humedad después de la construcción, los ensayos CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

En el cuadro N° 5 "Propiedades Mecánicas del Suelo", se muestra las características físicas y mecánicas de los suelos, estos últimos se determinan de los ensayos de Clasificación y Próctor, con estos valores se calcula la capacidad de soporte de la subrasante del proyecto.

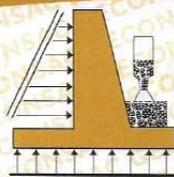
CUADRO 5
- Propiedades Mecánicas del Suelo.

Calicata	Muestra	Prof. (m)	Clasificación(SU CS-AASHTO)	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)	CBR (95%)	CBR (100%)
PC-01	M-1	0.00 a 1.50	GC-GM/A-1-b (0)	6.3	2.178	29.8	40.1



GECON SAC
GEOTECNIA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
Ing. Jorge L. Quiroz Córdova
C.I.P. 91088
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
948180393 - 993131322 - 993756435 ☎ 044-250381
geconsac_laboratorio@hotmail.com
logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

4.0 ASPECTOS SISMICOS

La zona de estudio corresponde en el CP Brillo Horizonte – Quirihuac, distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de La Libertad, la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismoresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) como se puede observar en el Mapa N° 2.

En cuanto a la sismicidad la zona está expuesta a un alto riesgo sísmico, especialmente a sismos superficiales de gran intensidad y magnitud. En el Mapa N° 2 se presenta las distribuciones de máximas intensidades sísmicas, (Alva et al, 1984). Note cómo en la zona se presentan intensidades en un rango de 6 a 8.

Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismo resistente según la siguiente relación:

$$V = \frac{ZUCS}{R} P$$

La zona donde se asentará la obra que conforman el proyecto, El factor de suelo que corresponde a un suelo tipo S2=1.05, para un periodo predominante de Tp=0.6 s y TL=2, y Z es el factor de la zona 4 resultando Z=0.45g.



GECONSAC
GEOTECNIA & CONSTRUCCIONES S.A.C.
Jorge L. Quintana Ordanivi
Ing. Jorge L. Quintana Ordanivi
C.I.P. 94018
JEFE LABORATORIO, ESTUDIOS GEOTECNICOS

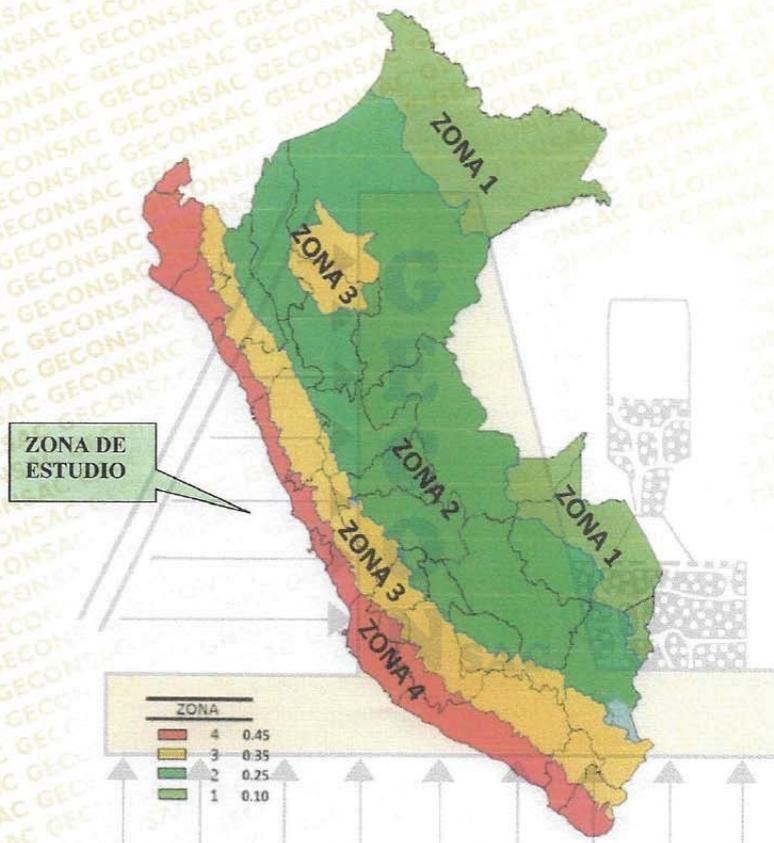
📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381
✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
✉ logistica.geconsac@gmail.com



GECONSAC

LABORATORIO: SUELOS, CONCRETO,
ASFALTO Y MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN
ESTUDIOS GEOTECNICOS

ZONAS SÍSMICAS



APA N° 2: Mapa de Zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)



GECON SAC
GEOTECNIA Y CONSTRUCCION
Ing. Jorge L. Quipuzo
C.P. 91018
JEFE LABORATORIO ESTUDIOS GEOTECNICOS

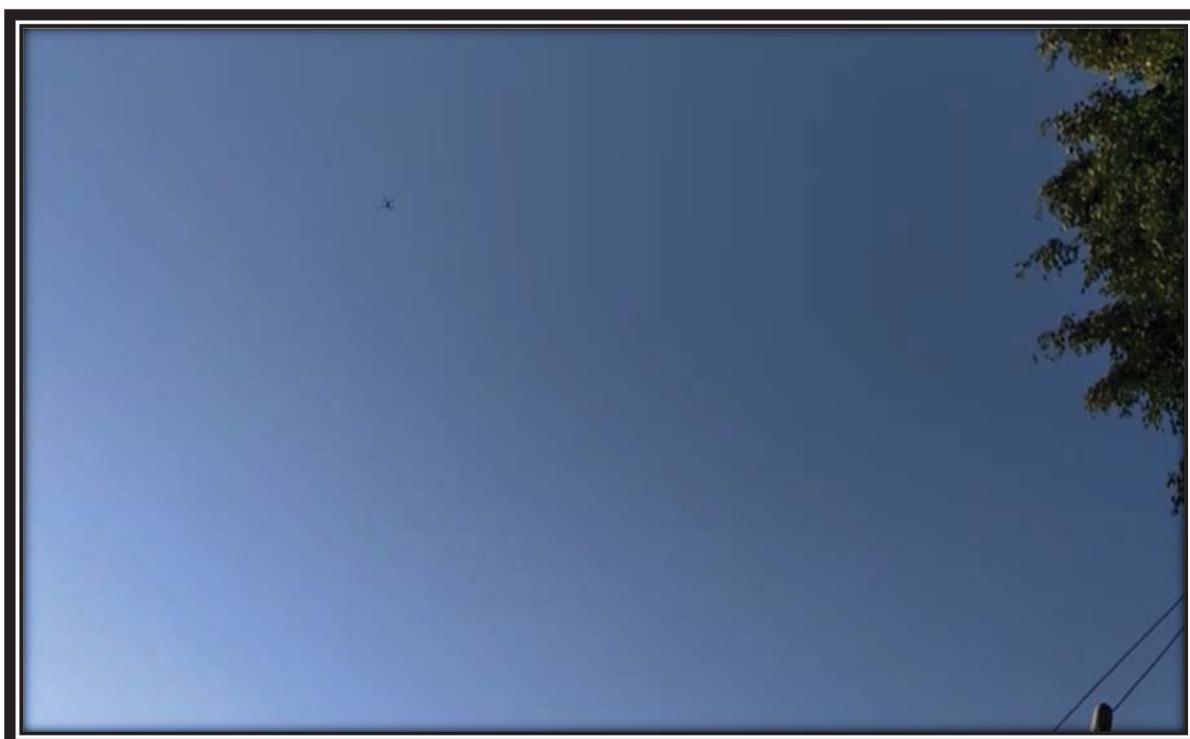
- 📍 Urb. Villa de Contadores Mz. N - Lote 06 - Trujillo
- ☎ 948180393 - 993131322 - 993756435 📞 044-250381
- ✉ geconsac_laboratorio@hotmail.com
- ✉ logistica.geconsac@gmail.com

Anexo N°03: Panel fotográfico

-Responsables del proyecto junto con el Dron



- Dron tomando imágenes para la ortofoto



- Consultando a la población sobre los hechos del fenómeno del niño



- Sacando muestras del terreno para su respectivo estudio de suelo



- Calles aldañas en el C.P. Bello Horizonte



- Estado actual de viviendas en el C.P Bello Horizonte



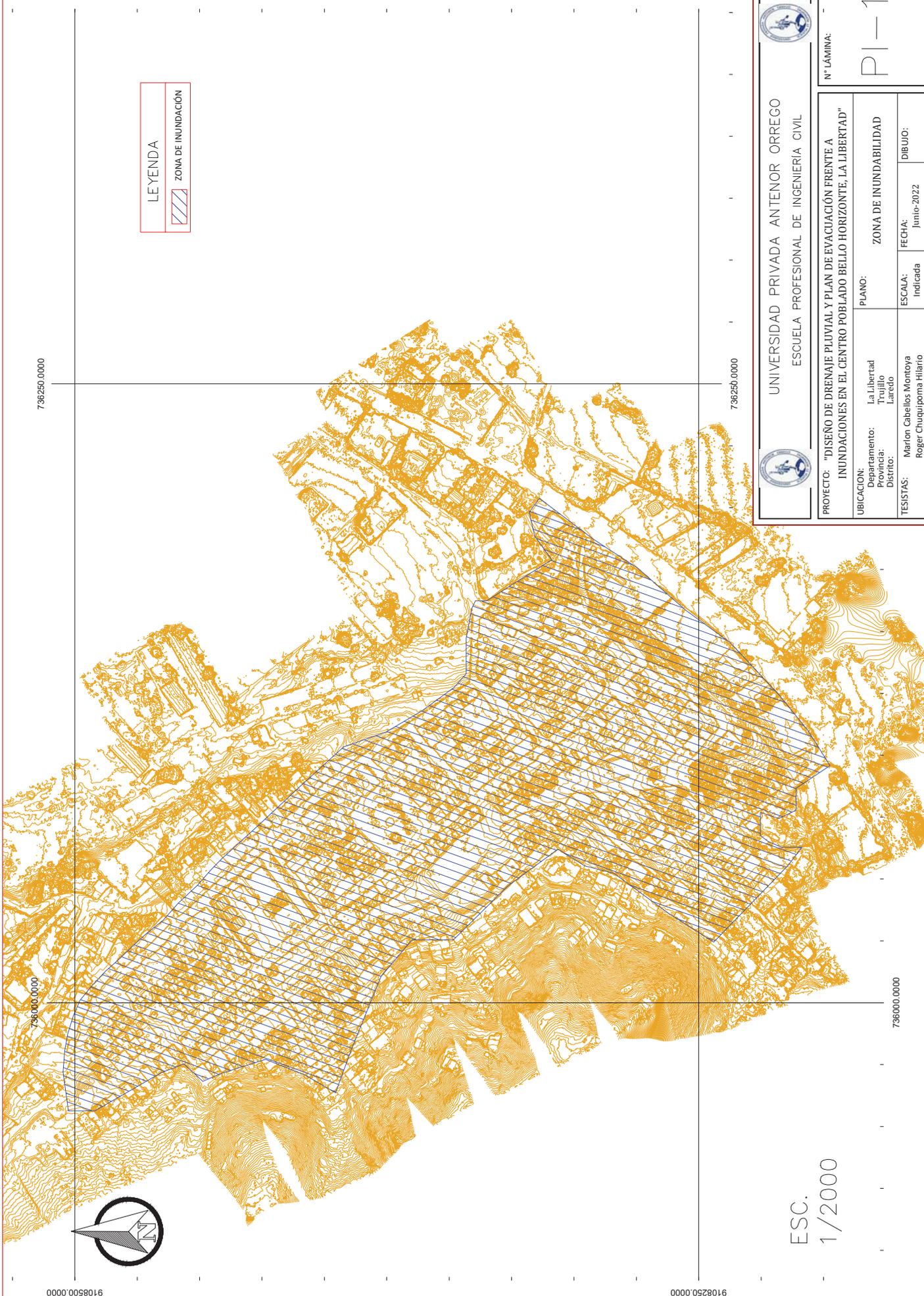
- Ubicados en la parte de más caída de La quebrada Miguel Grau.



- Calle 28 de Julio, vista de las viviendas y el estado de su pista.



Anexo N°04: Planos



LEYENDA	
	ZONA DE INUNDACIÓN

ESC.
1/2000



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



PROYECTO: "DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO HORIZONTE, LA LIBERTAD"

UBICACION: Departamento: Provincia: Distrito:	La Libertad Trujillo Laredo	PLANO: ZONA DE INUNDABILIDAD	DIBUJO: FECHA: Indicada Junio-2022
TESISTAS: Marlon Cabellos Montoya Roger Chuquipoma Hilario			

N° LÁMINA:
PI-1

9108500.0000

9108250.0000

736250.0000

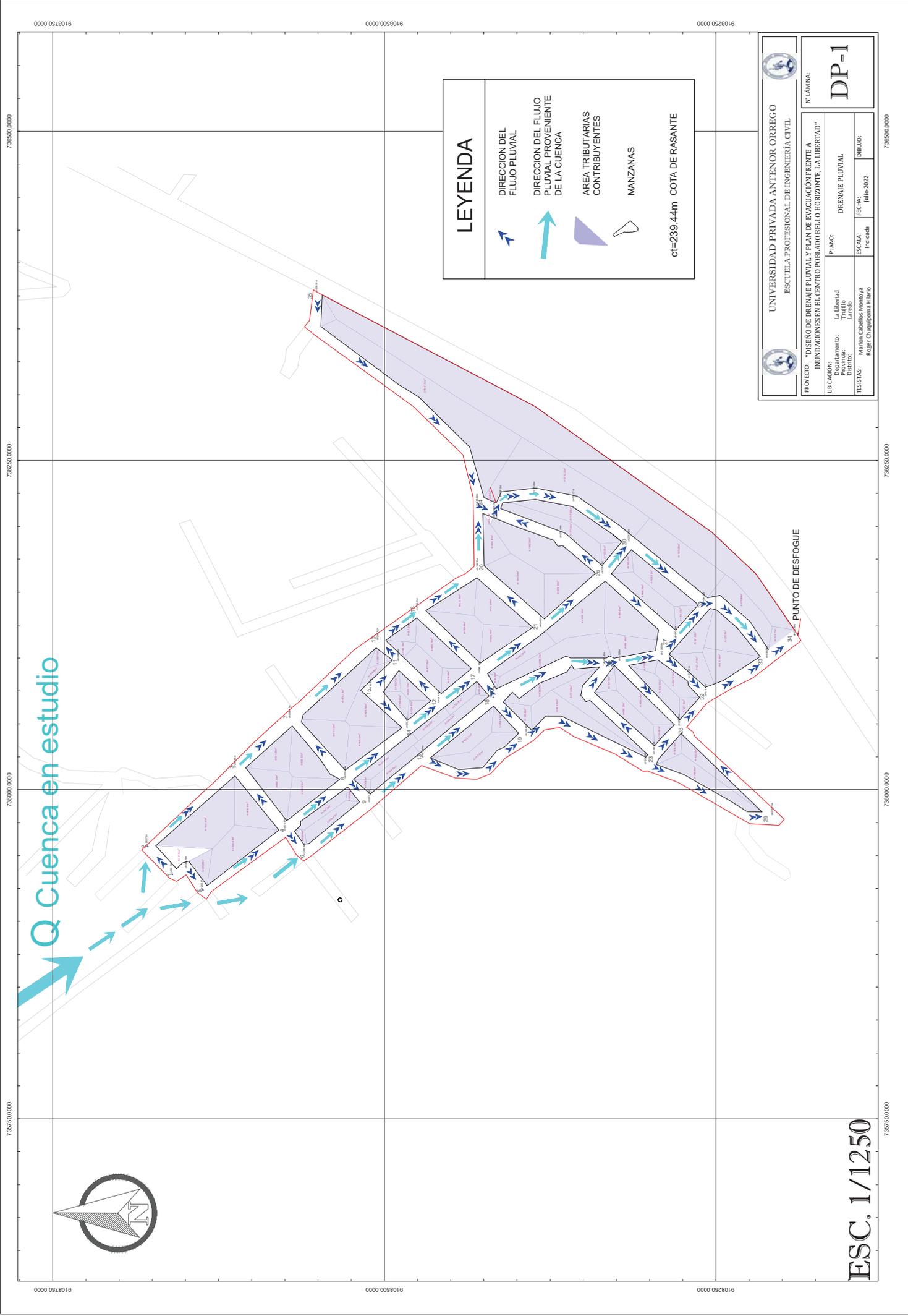
736250.0000

736000.0000

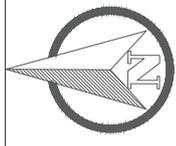
736000.0000

9108500.0000

9108250.0000



Q Cuenca en estudio



LEYENDA

- DIRECCION DEL FLUJO PLUVIAL
- DIRECCION DEL FLUJO PLUVIAL PROVENIENTE DE LA CUENCA
- AREA TRIBUTARIAS CONTRIBUYENTES
- MANZANAS

ct=239.44m COTA DE RASANTE

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

N° LAMINA: **DP-1**

PROYECTO: "DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACION FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO POBLADO BELLO HORIZONTE, LA LIBERTAD"

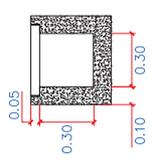
UBICACION: Departamento: Provincia: Distrito:	La Libertad Trujillo Laredo	PLANO: DRENAJE PLUVIAL	DIBUJO:
TESISTA: Marian Cabellos Montoya Roger Chacabarrera Alarco	FECHA: Indicada	FECHA: julio-2022	

ESC. 1/1250

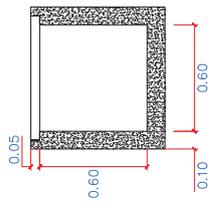
PUNTO DE DESFOGUE

SECCIONES TÍPICAS DE CUNETETA

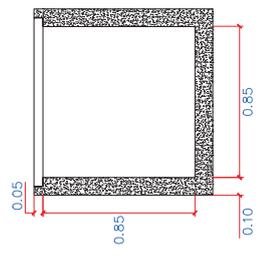
SECCION A-A
30 cm x 30 cm



SECCION B-B
60 cm x 60 cm

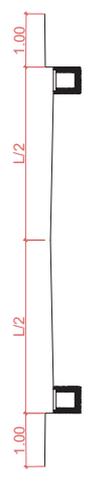


SECCION C-C
80 cm x 85 cm

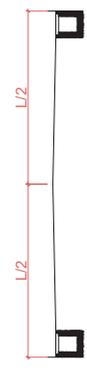


SECCIONES DE VIAS TÍPICAS

CALLE CON VEREDAS



CALLE SIN VEREDAS

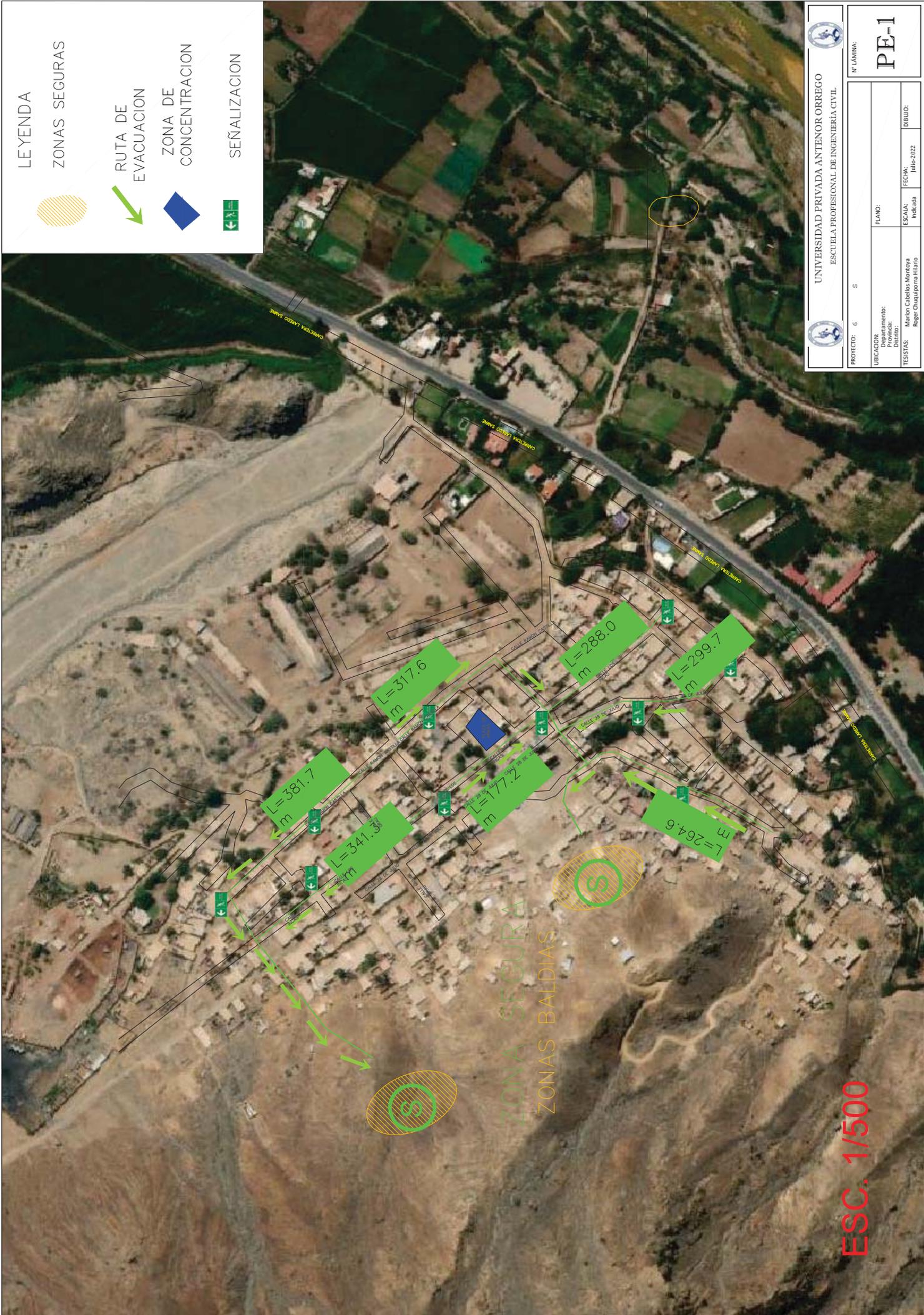


ESC. 1/1000

 UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEÑOR ORREGO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		N° LÁMINA: DP-2
PROYECTO: "DISEÑO DE DRENAJE PLUVIAL Y PLAN DE EVACUACIÓN FRENTE A INUNDACIONES EN EL CENTRO PODELADO BELLO HORIZONTE LA LIBERTAD"		
UBICACIÓN: Ingeniería: La Libertad Provincia: Trujillo Distrito: Laredo	PLANO: DRENAJE PLUVIAL	ESCALA: Indefinida
TESIS TASA: Miriam Cabezas Montoya Roger Chuquigoma Hilaro	FECHA: Julio-2022	DIBUJO:

LEYENDA

- ZONAS SEGURAS
- RUTA DE EVACUACION
- ZONA DE CONCENTRACION
- SEÑALIZACION



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTEOR ORREGO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL	
PROYECTO: 6	5
UBICACION: Departamento: Mariscal Caballero, Distrito: Mariscal Caballero	PLANO:
TECNICAS: Mazon Cabellos Montoya, Roger Chuquipoma Hilario	ESCALA: Indicada
	FECHA: Julio-2022
	DIBUJO:
PE-I N° LAMINA:	

ESC. 1/500