

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

**FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



Propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz – Ancash

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor

Tapia Rosazza Jean Danny

Asesor

Salazar Sánchez, Dante

Chimbote – Perú

2019

TITULO

Propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz – Ancash

PALABRAS CLAVES:

Tema	Drenaje pluvial
Especialidad	hidráulica

KEY WORDS:

Topic	Storm Drain
Specialty	hydraulics

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Línea de investigación: hidráulica

Área: ingeniería y tecnología

Sub área ingeniería civil

Disciplina ingeniería civil

Sub línea o campo de acción: Análisis y diseño de estructuras hidráulicas

RESUMEN

Con la finalidad de mitigar los efectos de las intensas lluvias en la zona urbana de la ciudad de Caraz, Provincia de Huaylas, departamento de Ancash. El objetivo principal de esta investigación fue determinar la propuesta de diseño del sistema del drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Por lo que esta investigación desarrollo cuatro objetivos específicos, primer objetivo, se realizó el diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje pluvial existente, determinándose que cuentan con 42 sumideros, de los cuales 25 colapsan en época de lluvia, 13 se encuentran colmatados, 3 colapsan por aguas residuales, 1 completamente obstruido; además tubería de conducción hidráulicamente mal diseñada ya que cuentan con un diámetro muy pequeño para el caudal que transportan y la falta de mantenimiento periódico del mismo.

En el segundo objetivo se determinó la máxima precipitación histórica diaria que fue de 35.2 mm/día, realizada el día miércoles 29 de octubre de 2008, la máxima precipitación histórica anual de 622.50 mm/año, el año 2009; cuyos datos recolectados fueron procesados mediante el software Hidroesta2, para determinar la máxima intensidad de lluvia de diseño el cual resultado de 104.57 mm/hr. Con un periodo de retorno de 25 años, para posteriormente ser aplicado al método racional que establece el R.N.E. en la norma OS-060 de alcantarillado pluvial Urbano.

El tercer objetivo, se realizó el levantamiento topográfico de la zona urbana de la ciudad de Caraz, registrándose 253 puntos topográficos estableciendo 4 puntos de control horizontal (BMS), delimitando el área del proyecto con 15 puntos de cambio resultando con un área de 1,266 642 m² y un perímetro 4,734.80 ml. El cual cumple con las características requeridas por la norma OS-060.

En el cuarto objetivo, se determinó en base a todos los datos anteriormente recolectados que la mejor alternativa de sistema de drenaje por precipitaciones para la zona urbana de la ciudad de Caraz, es el sistema unitario o por separado.

Se realizó una investigación de tipo descriptiva con propuesta de diseño y el diseño de investigación fue no experimental – transversal; con el cual se consiguió una propuesta de diseño hidráulico adecuado para la zona urbana de la ciudad de Caraz.

ABSTRACT

In order to mitigate the effects of heavy rains in the urban area of the city of Caraz, Huaylas Province, Ancash department. The main objective of this investigation was to determine the design proposal of the precipitation drainage system in the urban area of the city of Caraz.

Therefore, this research developed four specific objectives, first objective, the diagnosis of the current situation of the existing storm drainage system was carried out, determining that they have 42 sinks, of which 25 collapse in the rainy season, 13 are filled, 3 collapse by sewage, 1 completely clogged; also hydraulically poorly designed conduit pipe since they have a very small diameter for the flow they carry and the lack of periodic maintenance of it.

In the second objective the maximum daily historical precipitation was determined, which was 35.2 mm / day, carried out on Wednesday, October 29, 2008, the maximum annual historical precipitation of 622.50 mm / year, the year 2009; whose data collected were processed using the Hidroesta2 software, to determine the maximum design rainfall intensity which resulted in 104.57 mm / hr. With a return period of 25 years, to later be applied to the rational method established by the R.N.E. in the OS-060 norm of Urban storm sewer.

The third objective was the topographic survey of the urban area of the city of Caraz, registering 253 topographic points establishing 4 horizontal control points (BMS), delimiting the project area with 15 change points resulting in an area of 1,266 642 m² and a perimeter 4,734.80 ml. Which meets the characteristics required by OS-060.

In the fourth objective, it was determined based on all the data previously collected that the best alternative of rainfall drainage system for the urban area of the city of Caraz, is the unitary system or separately.

A descriptive type investigation was carried out with a design proposal and the research design was non-experimental - transversal; with which a proposal of hydraulic design suitable for the urban area of the city of Caraz.

Índice General

Título del Trabajo	i
Palabras Claves – Línea de Investigación	ii
Resumen	iii
Abstract	iv
Introducción	1
Material y Métodos	41
Resultados	43
Análisis y discusión	91
Conclusiones	92
Recomendaciones	93
Agradecimientos	95
Referencias Bibliográficas	96
Anexos	99

Índice de Figuras

Figura 1: Ciclo Hidrológico del Agua	11
Figura 2: Sistema de Alcantarillado Pluvial	14
Figura 3: Tipos de Sumideros Coladeras Pluviales	15
Figura 4: Secciones Transversales de Conductos Cerrados	16
Figura 5: Secciones Transversales de Conductos Abiertos	16
Figura 6: Representación Esquemática de una Cuenca	18
Figura 7: Cuenca Hidrológica	18
Figura 8: Aparatos Climatológicos de Medición de Lluvia	19
Figura 9: Hietograma	21
Figura 10: Curva IDF	22
Figura 11: Zonas y Sub zonas Pluviométricas	29
Figura 12: Mapa del Perú con Departamentos, Provincia, Ciudad de Caraz	40
Figura 13: Imagen de la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz	43
Figura 14: Caudal de Aguas de Lluvia pasa Sobre el Sumidero	44
Figura 15: Caudal de aguas de Lluvia Discurre en Toda la vía, de Acera a Acera	44
Figura 16: Inundaciones en las Zonas Bajas de la Ciudad	45
Figura 17: Desbordes de Aguas de Lluvia por el Alcantarillado Sanitario	45
Figura 18: Alcantarilla Colmatada de Sedimentos y Residuos Sólidos	46
Figura 19: Alcantarilla (sumidero) Colapsado Jr. Grau	47
Figura 20: Discurrimento de Aguas de Lluvia Socavan Calles y Avenidas	47
Figura 21: Intransitabilidad Peatonal y Vehicular	48
Figura 22: Alcantarilla (sumidero) Colapsado Jr. San Martin	48
Figura 23: Estación Meteorológica San Pedro	52

Figura 24: Grafico de Precipitación Pluvial Anual en la Ciudad de Caraz	56
Figura 25: Grafico de Precipitación Pluvial Acumulada Enero – Mayo en la Ciudad de Caraz	56
Figura 26: Grafico de Precipitación Pluvial Acumulada Agosto – Diciembre en la Ciudad de Caraz	57
Figura 27: distribución probabilística Empleadas en Hidroesta2	58
Figura 28: Calculo de Ecuación de Intensidad Máxima de Lluvia de Diseño	58
Figura 29: Curva I.D.F para Diferentes Periodos de Retorno	59
Figura 30: Caudales para Periodo de Retorno de 25 Años	59
Figura 31: Distribución Lognormal Dos Parámetros	60
Figura 32: Distribución Gamma Dos Parámetros	60
Figura 33: Distribución Gumbel	61
Figura 34: Distribución de Áreas de Aporte	73
Figura 35: Áreas de Drenaje de la Cuenca de la zona Urbana Ciudad de Caraz	74
Figura 36: Sumidero Tipo S2 Conectado a la Tubería	77
Figura 37: Rejilla Horizontal a la Vía	78
Figura 38: Sección Típica de Excavación y relleno de Zanja	83

Índice de Tablas

Tabla 1: Obras de Drenaje Superficial	13
Tabla 2: Coeficiente de Rugosidad de Manning	24
Tabla 3: Resumen de las Ecuaciones de tiempo de Concentración	25
Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía Promedio para Áreas Urbanas	27
Tabla 5: Coeficiente de Escorrentía Promedio para Áreas Rurales	27
Tabla 6: Coeficiente de Escorrentía para ser Utilizados en el método Racional	28
Tabla 7: Sub División del Territorio en Zonas y sub Zonas Pluviométricas y Valores $K'g$ y ϵ_0 .	30
Tabla 8: Valores de los Parámetros a y n que, junto con K , definen las Curvas de Probabilidad Pluviométrica en cada Punto de las sub Zonas.	31
Tabla 9: Valores de Coeficientes de Escorrentía para Diferentes Tipos de Superficies	34
Tabla 10: Coeficiente de Escorrentía para Varias superficies, Tomada en Función a la Pendiente.	34
Tabla 11: Técnica e Instrumentos de la investigación	41
Tabla 12: Distribución de Sumideros en la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz	49
Tabla 13: Detalles de la Estación Meteorológica Privada, Fundo San Pedro Caraz	52
Tabla 14: Resumen de Máxima Precipitación Mensual por Año en la Ciudad de Caraz	53
Tabla 15: Máxima Precipitación Histórica Diaria en la Ciudad de Caraz	54
Tabla 16: Resumen de Máxima Precipitación Histórica Anual	55
Tabla 17: Cuadro de Estaciones Sistema WGS84	63
Tabla 18: Cuadro de Coordenadas UTM del Casco Urbano de la ciudad de Caraz	65
Tabla 19: Cuadro de Ventajas y Desventajas del Sistema Unitario y Combinado	68
Tabla 20: Determinación del Coeficiente de Escorrentía Ponderado	71

Tabla 21: Precipitaciones Máximas en 24 Horas, EM – San Pedro – Caraz	72
Tabla 22: Áreas Tributarias de Evacuación	74
Tabla 23: Características Técnicas tubería NTP 399.162	79
Tabla 24: Detalles de Clasificación de Tubos según NTP 399.162	80
Tabla 25: Especificaciones de Tubería Rib – Loc	81
Tabla 26: Magnitudes físicas y Propiedades Mecánicas de la Tubería Tipo Rib – Loc	82
Tabla 27: Profundidad Mínima de Recubrimiento sobre la Corona del Tubo Rib – Loc	84
Tabla 28: Espaciamiento de Registros en Colectores	84
Tabla 29: Resultado Jr. San Martin	85
Tabla 30: Resultado Jr. Sucre	85
Tabla 31: Resultado Jr. Grau	85
Tabla 32: Resultado Jr. Bolognesi	86
Tabla 33: Resultado Jr. Luzuriaga	86
Tabla 34: Resultado Av. Mariscal Cáceres	86
Tabla 35: Resultado Jr. Raymondi	86
Tabla 36: Resultado Jr. Sipreces	87
Tabla 37: Resultado Jr. los Sauces	87
Tabla 38: Resultado Jr. los Pinos	87
Tabla 39: Resultado Pasaje H	87
Tabla 40: Resultado Prolongación Alfonso Ugarte	87
Tabla 41: Resultado Av. 9 de Octubre	88
Tabla 42: Resultado Jr. Sáenz Peña	88
Tabla 43: Resultado Jr. Córdova	88
Tabla 44: Resultado Jr. Mariscal Cáceres	88
Tabla 45: Resultado Jr. Santa Rita	89

Tabla 46: Resultado Jr. San Francisco	89
Tabla 47: Resultado Jr. Señora de la Asunción	89
Tabla 48: Resultado Jr. Santa Isabel	89
Tabla 49: Resultado Av. Noé Bazán Peralta	89
Tabla 50: Resultado Carretera Central	90
Tabla 51: Resultado Av. La Merced	90
Tabla 52: Resultado Av. Daniel Villar	90

I. INTRODUCCIÓN

En la mayoría de las ciudades se tiene la necesidad de desalojar el agua de lluvia para evitar que se inunden las calles, viviendas, comercios, industrias y otras áreas de interés, por otro lado estas aguas procedentes de las precipitaciones en ocasiones se acumulan y entran en contacto con desechos orgánicos, inorgánicos y bacterias patógenas resultando altamente perjudiciales para la salud, Por lo que la disposición o eliminación de estas aguas procedente de las precipitaciones debe ser atendida convenientemente para evitar problemas de tipo sanitario; para el tratamiento de estas aguas se realizan complicados sistemas de captación, almacenamiento, distribución y conducción; ya que , la construcción de edificios, casas, calles, estacionamientos y otros modifican el entorno natural en que habita el hombre y tiene como algunas de sus tantas consecuencias, la creación de superficies poco permeables (que favorece a la presencia de una mayor cantidad de agua sobre el terreno) y la eliminación de los cauces de las corrientes naturales (que reduce la capacidad de desalojo de las aguas pluviales y residuales). Así, la urbanización incrementa los volúmenes de agua de lluvia que escurren superficialmente, debido a la impermeabilidad de las superficies de concreto y pavimento. Por ello, las conducciones artificiales para evacuar el agua son diseñadas con mayor capacidad que la que tienen las corrientes naturales existentes. Los sistemas de alcantarillado se encargan de conducir las aguas de desecho y pluviales captadas en los sitios de asentamiento de las conglomeraciones humanas para su disposición final. Por lo anteriormente mencionado Se sabe que un sistema de drenaje pluvial es indispensable en toda ciudad, principalmente en zonas que cuentan con mucha precipitación como son los pueblos de la sierra. Pues es esta mi preocupación de la investigación, ya que la en la ciudad de Caraz localizada en la parte sur de América y del Perú, en el callejón de Huaylas; por su ubicación geográfica, durante el verano austral soporta lluvias de gran intensidad y uno de los problemas prioritarios es la falta de un adecuado y eficiente sistema de alcantarillado pluvial, ya que en época de lluvias en los meses de diciembre a abril ocasionan fuertes problemas a la población además de dañar el ornato de la ciudad.

En merito a esta problemática se revisaron estudios anteriores como:

Internacional

Rivadeneira (2012), que desarrollo el proyecto de tesis en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador: DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL BARRIO “LA CAMPIÑA DEL INCA” CANTON QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA; Siendo el objetivo de este proyecto de tesis, Diseñar el sistema de alcantarillado pluvial para el barrio “La Campiña del Inca” perteneciente a la parroquia San Isidro del Inca.

Conclusión: Poseer un adecuado tratamiento de aguas lluvias; el presente estudio y proyecto propone una solución de acuerdo a las características económicas, topográficas, geológicas de la zona.

El material que se empleó para el diseño del alcantarillado pluvial de la Campiña del Inca es PVC, considerando un mejor proceso de construcción ya que se disminuye el volumen de excavación, relleno y compactación, así como facilidad de instalación y mantenimiento.

Con el desarrollo del proyecto de diseño de Alcantarillado Pluvial se otorgará una buena calidad de vida para los pobladores nuevos y futuros.

Rodríguez (2013), que desarrollo el proyecto de tesis en la Universidad de la Rioja España: NUEVAS TENDENCIAS EN LA GESTION DEL DRENAJE PLUVIAL EN UNA CUENCA URBANA; el objetivo de este proyecto, Propuesta de medidas correctoras basadas en las nuevas tendencias de drenaje urbano sostenible.

Sentar las bases de elaborar un plan director Gestión de aguas pluviales siguiendo una propuesta metodológica concreta.

Conclusión: Establecer nuevas líneas de investigación, una vez preparado el modelo, para futuros estudios con mayor grado de precisión, trabajando en la comparación de resultados en función del tamaño de discretización y del modelo que se utilice.

Conclusión: permitir la planificación, facilitando la toma de decisiones sobre la red si separativa o unitaria, si red ventilada o no, facilitar la realización de un plan director de saneamiento, con el cual poder priorizar y listar actuaciones de inversión, explotación o petición de subvenciones, mostrar mapas de riesgos, mapas de indicadores de calidad y

de indicadores de estado. Flexibilidad para en un futuro establecer comunicación con un SCADA de control en tiempo real de los elementos de la instalación entre otros lineamientos o estaciones meteorológicas para poder anticipar comportamientos y mejorar la capacidad de respuesta de la red ante eventos extraordinarios.

García, Montoya y Rodríguez (2013), desarrollaron el trabajo de tesis en la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua titulado: DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE LA CONCEPCION-MASAYA; siendo el objetivo principal, Diseñar el Sistema de Drenaje Pluvial para el Casco Urbano del Municipio de la Concepción-Masaya; y teniendo como objetivos específicos, diagnosticar el estado físico-estructural del drenaje pluvial existente, determinar el caudal de diseño del sistema de drenaje pluvial, diseñar hidráulicamente el sistema de drenaje pluvial, estimar el costo total de inversión y el tiempo de duración del proyecto, presentar especificaciones técnicas y planos constructivos del sistema de drenaje pluvial.

Conclusiones: Se propone reparar 420 ml de cunetas y 625 m² de carpeta de rodamiento distribuido en el tramo que va desde el Reten hasta el mercadito; debido a que la pendiente del terreno es irregular y muy pronunciada el canal se diseñó con estructuras de caída con el propósito de disminuir las pendientes y recuperar cada tanto el nivel del terreno; de acuerdo a los resultados del diagnóstico y la evaluación del estado actual del sistema de drenaje del municipio podemos concluir con la población considerar que las inundaciones es un problema inmediato a resolver, ya que en épocas de lluvia se ven obligados a enfrentar inundaciones en las calles, viviendas y el deterioro en el tramo de las calles, lo que significa difícil acceso y movilización; de acuerdo a los cálculos de diseño hidráulico del sistema del alcantarillado se propone la cantidad de 1,188 ml de tubería de conducción de 15" de diámetro, 198 ml de tubería de conducción de 24" de diámetro, 348 ml e tubería de conducción de 30" de diámetro, 396 ml de tubería de conducción de 36" de diámetro, 762 ml de tubería de conducción de 42" de diámetro y 294 ml de tubería de conducción de 48" de diámetro, 31 pozos de visita, 76 tragantes y 4 rejillas que evacuaran las aguas de forma eficiente y segura.

Pérez (2014), desarrollo el proyecto de tesis en la Universidad Nacional Autónoma de México: “REVISIÓN DE UN SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIA TRABAJANDO COMO UNA RED DE DRENAJE”; teniendo como objetivo Revisar el funcionamiento de un sistema de alcantarillado pluvial diseñado convencionalmente y como red de canales para periodos de retornos mayores a los de diseño.

Llegando a las conclusiones: El sistema de alcantarillado diseñado convencionalmente en el presente trabajo puede funcionar adecuadamente para un periodo de retorno de cien años con algunas modificaciones; Cuando el sistema trabaja como una red de canales ocurre una redistribución de los caudales en los conductos, como resultado de esto el caudal circulante aumenta en algunos elementos y disminuye en otros; De diseñarse el sistema inicialmente como una red de canales sería necesario considerar diámetros distintos en múltiples elementos; Un sistema de alcantarillado diseñado inicialmente como una red de canales dejaría a un lado la incertidumbre que normalmente se tiene en cuanto al comportamiento que se presenta cuando se excede el periodo de retorno de diseño.

Nacional

En Cajamarca, Yáñez (2014) realizo el proyecto de tesis en la Universidad Privada del Norte, denominado “EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA” cuyo objetivo general es determinar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la av. Angamos y el Jr. Santa Rosa, llegando a la siguiente conclusión, se concluyó al analizar el diseño hidráulico de la av. Angamos y el jr. Santa Rosa, que este no es el correcto para un buen funcionamiento del sistema de drenaje siendo esta una de las causas que alteran la eficiencia del drenaje pluvial; también se determinó que las competencias en la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial no se lleva a cabo ocasionando que la capacidad hidráulica de las cuentas disminuyan; al desarrollar un buen estudio hidrológico para determinar los caudales de diseño y ejecutar un software especializado para un sistema de drenaje pluvial se puede disminuir los sistemas de drenaje ineficientes en Cajamarca; se demostró que la eficiencia de operación (EO), que evalúa la calidad de la operación del sistema de drenaje es más del 100% , es

decir, que las secciones existentes están sometidas a caudales mayores a su capacidad provocando inundaciones en la av. Angamos y el jr. Santa Rosa.

En Puno, Rojas y Humpire (2016) realizaron el proyecto “EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM”, teniendo como objetivo general, evaluar el proyecto actual y plantear un nuevo Diseño Hidráulico del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca aplicando el programa de modelamiento SWMM. Llegando a la conclusión, se desarrolló una metodología para el diseño de sistemas de drenaje urbano tomando como base el modelo matemático SWMM, que consiste en el movimiento simultaneo del flujo en las calles y el intercambio de flujo entre los subsistemas y bajo el enfoque de onda dinámica la cual resuelve las ecuaciones completas de Saint-Venant para flujo no permanente en canales. El uso del modelo numérico, en ventaja respecto al método tradicional, permitió predecir con mayor precisión el comportamiento hidráulico del sistema de drenaje existente evaluar su situación actual y analizar desde el punto de vista hidráulico los problemas existentes, para formular las mejoras del mismo, según los resultados obtenidos, el modelo SWMM proporciona un conjunto de herramientas interactivas y recursos que son una buena opción para el análisis de grandes proyectos de drenaje urbano.

En Lima, Rojas (2014) realizo el proyecto “CALCULO DE PRECIPITACIONES Y CAUDALES DE DISEÑO DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO EN ZONAS DE HUACAVELICA, JUNIN Y AYACUCHO”, teniendo como objetivo: Aplicación de los métodos de cálculo de precipitaciones y caudales de diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano, norma os. 060 2014 aplicado a la sierra central del Perú la cual comprende a las regiones de Huancavelica, Junín y Ayacucho.

Teniendo como conclusiones, la cantidad de las precipitaciones máximas anuales proporcionadas por SENAMHI no cumple con la cantidad mínima (20años) para realizar un estudio hidrológico, para este trabajo se ha considerado entre 10 y 15 años. Por tanto , no fue objetivo de esta tesis brindar valores(precipitaciones y caudales de

diseño) representativos de la realidad, el objetivo principal fue dar a conocer las fórmulas para el cálculo de precipitaciones y caudales de diseño; para determinar la precipitación de diseño para diferentes periodos de retorno se hizo una corrección de intervalo fijo a fin de obtener precipitaciones más cercanas a valores reales; para delimitar las sub cuencas se ha ubicado todas estaciones en el mapa de las cuenca Mantaro y Pampa, conociendo las características físicas de las estaciones a través de la georreferenciación utilizando el Software ARCGIS. Sin embargo, al tener pocas estaciones para trabajar (cuenca de Pampas sub cuenca Caracha) demuestra que en la región Huancavelica no se cuenta con estaciones pluviométricas suficientes para realizar un adecuado análisis hidrológico; para la construcción de las curvas IDF de las subcuencas mediante análisis estadístico, se ha seleccionado las estaciones que tienen los valores máximos de precipitaciones de diseño para diferentes periodos de retorno.

Local

En Huaraz, Urbano (2015) realizó el trabajo de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, titulado “DISEÑO ALTERNATIVO DE UN SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL PARA LAS AVENIDAS ANTONIO RAYMONDI Y MARISCAL LUZURIAGA EN LA CIUDAD DE HUARAZ 2015” teniendo como objetivo general, Diseñar un sistema alternativo de drenaje pluvial, según la reglamentación vigente, que resuelva los problemas de inundaciones existente en las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz.

Conclusiones, El Diseño de un sistema alternativo de drenaje pluvial, en base a la norma Peruana OS. 060 complementada con contribuciones de estudios realizados a nivel internacional hallados en la revisión de la literatura, permite la evacuación de aguas de lluvias en las avenidas Antonio Raymondi y Mariscal Luzuriaga en la ciudad de Huaraz; en base al diagnóstico cualitativo del estado del funcionamiento del sistema de drenaje pluvial actual de los sectores, se determina que este es deficiente, ya que cuando ocurre precipitaciones las calles se inundan y es imposible el tránsito seguro por dichas vías; con sustento en la metodología para el diseño del sistema de drenaje pluvial en las avenidas Antonio Raymondi y Luzuriaga en la ciudad de Huaraz se determinaron los aspectos hidrológicos relevantes como son: lluvia del

proyecto,(análisis estadístico de datos), selección del periodo de retorno, precipitación máxima de diseño, curvas IDF y tormenta del proyecto.

En Huaraz, Fernández (2017) realizó el trabajo de tesis para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad San Pedro, titulado “PROPUESTA DE UNA RED DE DRENAJE PLUVIAL PARA REDUCIR RIESGOS POR INUNDACIONES EN LA ZONA CENTRAL DE LA CIUDAD DE HUARAZ “teniendo como objetivo general, proponer una red de drenaje pluvial para reducir riesgos por inundaciones en la zona central de la ciudad de Huaraz, Ancash, la investigación fue de nivel descriptivo y propositivo, el diseño fue no experimental de corte trasversal; se concluyó que la propuesta de una red de drenaje pluvial va a contribuir en la implementación de la nueva red de drenaje pluvial en la reducción de los riesgos por inundaciones, a modo específico se concluyó que de un total de 58 alcantarillas inspeccionadas, solo 8 de ellas se encuentran en buen estado, se analizaron 67 tramos con una longitud de total de 2,826 km, la mayor cota de terreno fue de 2074.00m.s.n.m y la mayor cota de fondo es de 2073.44 m.s.n.m; la estación meteorológica de Recuay contó con mayor cantidad de datos de precipitaciones pluviales que la de Huaraz; se obtuvo que la intensidad de lluvia en un periodo de retorno de 30 años alcanza 125.67 mm/hr en un tiempo de 10 min; el modelamiento de la red de drenaje estuvo mal diseñado por lo cual no soportaba el caudal adecuado con la realidad pluvial.

Justificación

La investigación realizada se justifica de dos maneras principales, tiene una **justificación técnica** ya que la investigación nos permitió mediante la teoría del drenaje pluvial urbano, a través de las leyes hidráulicas e hidrológicas complementadas con estudios topográficos, obtener una Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones para la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz – Ancash, que cumpla con las necesidades meteorológicas de la zona, ya que en época de lluvias en los meses de diciembre a abril ocasionan fuertes problemas a la población como, inundaciones, intransitabilidad peatonal y vehicular, además de dañar el ornato de la ciudad; así mismo esta investigación nos permitirá conocer datos desconocidos actualmente

como son: topografía y la máxima precipitación histórica en la zona, que son los principales datos para esta investigación. Ya que el desconocimiento de estos datos y que muchos profesionales pasan por alto, pone en riesgo un adecuado diseño del sistema de drenaje pluvial.

Además, esta investigación tuvo una **justificación Social** ya que aportara al desarrollo de la población, ya que los beneficiados directamente son sus pobladores el cual recibieran el beneficio de mejorar su calidad de vida satisfactoriamente, Partiendo del aspecto relacionado a la Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones para la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz.

Finalmente, su utilidad y relevancia Social, estriba a realizar la promoción de este proyecto de investigación ya que posteriormente se podría replicar en otras zonas con características meteorológicas similares en nuestro país.

Esta investigación es factible de ser realizado, ya que permitirá optimizar el escaso e ineficiente sistema de alcantarillado pluvial existente en la ciudad de Caraz, además de mejorar la calidad de vida de sus pobladores.

En la ciudad de Caraz uno de los principales problemas es el inadecuado e ineficiente diseño del sistema de drenaje pluvial, ya que, en las épocas de lluvia, en los meses de diciembre a abril sufren terribles daños como: intransitabilidad, peatonal, intransitabilidad vehicular, inundaciones y derrumbes, por el cual presenta actualmente unas vías deterioradas y en mal estado.

En nuestros días, existe una evidente problemática en los sectores urbanos, que han venido creciendo sin una planificación verdaderamente efectiva, pues en la mayoría de los casos las construcciones no cumplen con las leyes y reglamentaciones indicadas por los organismos establecidos para ello. En este caso específico, con las reglamentaciones que están relacionadas con la recolección, conducción y disposición de las aguas de lluvia, que se encuentran fundamentadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II –Habilitaciones Urbanas, Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano.

La ciudad de Caraz se caracteriza por tener un sistema vial longitudinal basadas en que sus principales calles como son el Jr. San Martín y el Jr. Sucre las atraviesan de sur a norte pasando por la plaza de armas, siendo estas las zonas más concurridas y

transitadas de la ciudad, además de estar delimitada la zona urbana por un anillo denominado anillo vial, el cual nos sirve para jerarquizar la zona urbana en el cual se trabajara el proyecto.

Otras calles importantes que conforma la malla vial de la ciudad son: el jr. Córdova, el jr. Grau, el jr Bolognesi, importantes ya que son las segundas más importantes en longitud y transitabilidad y atraviesan la ciudad de sur a norte, además de la av. Daniel villar el cual atraviesa la ciudad de este a oeste en forma horizontal y es altamente transitada. Con el transcurrir del tiempo, estas vías han perdiendo su importancia para las autoridades municipales de turno, en cuanto a su mantenimiento propio del pavimento y del escaso drenaje pluvial existente, ya que en el año 2013 se realizó el proyecto del cambio de redes de agua y desagüe financiado por el Ministerio de Vivienda el cual solo se ejecutó el 18% del proyecto, quedando inconcluso y dejando las calles intervenida en mal estado.

Se debe señalar el hecho que las aguas de escurrimiento de los techos, terrazas, patios de edificaciones y de sus alrededores, ubicadas dentro del área en estudio desaguan directamente en las calles, así mismo se pudo diagnosticar que en la av. Daniel villar el sistema de alcantarillado pluvial existente fue conectada al sistema de drenaje sanitario y/o sistema de desagüe, en la intersección con la carretera central provocando el colapso de las mismas, pues estos sistemas son diseñados a un trabajo por gravedad y no por presión, por lo cual se suscitan los desbordamientos de buzones y de las instalaciones sanitarias internas en viviendas, ocasionando un foco infeccioso y un problema sanitario para sus moradores.

Lo anteriormente mencionado sustenta que el problema en la av. Daniel Villar es que en la mayoría de los casos, los sistemas de evacuación de aguas pluviales están Conectados al del sistema de alcantarillado Sanitario, causando dificultades por insuficiencia receptiva, el cual nos lleva a la conclusión que los sistemas de alcantarillado combinado o mixto no son lo ideal para zonas con altas precipitaciones y que deberían ser de tipo independiente, un sistema de alcantarillado pluvial para las aguas de lluvia y un sistema de alcantarillado sanitario para aguas residuales.

En la época lluviosa, la circulación sobre las principales calles y en toda la zona Urbana de la Ciudad de Caraz se dificulta, ya sea para los vehículos o para las personas que la transitan, ya que el nivel del agua sube de tal manera que discurre de acera a acera a gran velocidad ya que en, las principales calles las pendientes son pronunciadas, así mismo cuando las lluvias cesan dejan diferentes charcos e inundaciones en algunos sectores.

Del mismo modo la superficie de las calles se deteriora, pues el agua genera erosión de la superficie del pavimento, ocasionando además daño a los vehículos por la irregularidad en las superficies de las calles. De hecho, ante la Ocurrencia de alguna precipitación de relativa intensidad y duración, existen viviendas y locales comerciales del sector que son inundadas por estas aguas, debido a que el escaso Sistema de drenaje pluvial distribuido en algunas zonas de la ciudad no cuenta con los requerimientos indispensables para su buen funcionamiento, generando a los ciudadanos innumerables problemas , lo que a su vez ocasiona pérdidas económicas, aunado a los inconvenientes que sufren en el desenvolvimiento de sus actividades cotidianas.

Problema

Por todo lo mencionado anteriormente podemos describir la problemática encontrada, en la ciudad de Caraz uno de los principales problemas actualmente es el escaso, inadecuado e ineficiente diseño del sistema de drenaje pluvial, ya que en las épocas de lluvia, en los meses de diciembre a abril sufren terribles daños como: intransitabilidad, peatonal, vehicular, inundaciones y derrumbes, por el cual presenta actualmente unas vías deterioradas y en mal estado ocasionando a sus ciudadanos innumerables problemas. Por lo expuesto nos planteamos el siguiente **problema de investigación**: ¿Cuál es la Propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones en la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz – Ancash?

Entre los estudios sobre esta línea de investigación, se encontró un diagnóstico del Estado del drenaje pluvial existente; A la fecha de la investigación, se dedujo que la ciudad de Caraz cuenta con un sistema deficiente de evacuación de aguas pluviales por diferentes motivos como son: mal diseño hidráulico (falta de capacidad hidráulica en

todos los colectores), falta de mantenimiento (falta de limpieza periódica), escasa cantidad de alcantarillas de captación (ya que solo se encuentran distribuidas en algunas partes de la zona urbana , pavimentos en mal estado, falta de criterio ingenieril.

Por ello, la presente investigación se orientó al Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones en la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz, según la reglamentación peruana vigente apoyada en contribuciones de normatividades internacionales, que resuelva los problemas de esta índole en la ciudad de Caraz.

En relación a lo expuesto, el desarrollo de un nuevo Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones (drenaje pluvial) para la zona Urbana de la Ciudad de Caraz, será de gran importancia, constituyéndose en una prioridad para la población en el sector propuesto en el presente trabajo, ya que estas obras están destinadas a evitar daños, en la medida de lo posible, que puedan ocasionar las aguas de origen pluvial.

Se revisó abundante material bibliográfico para conceptualizar y operacionalizar la variable en estudio.

DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial es la remoción del exceso de agua sobre la superficie de la calzada hacia un sistema de alcantarillado pluvial, el cual tiene una adecuada salida. Al caer sobre la superficie terrestre, el agua de lluvia tiene varios destinos: escurre Superficialmente, se infiltra en el subsuelo o se evapora. El agua que escurre de manera superficial se va uniendo y forma pequeños escurrideros que se convierten en arroyos y después en ríos los cuales llegan al mar.

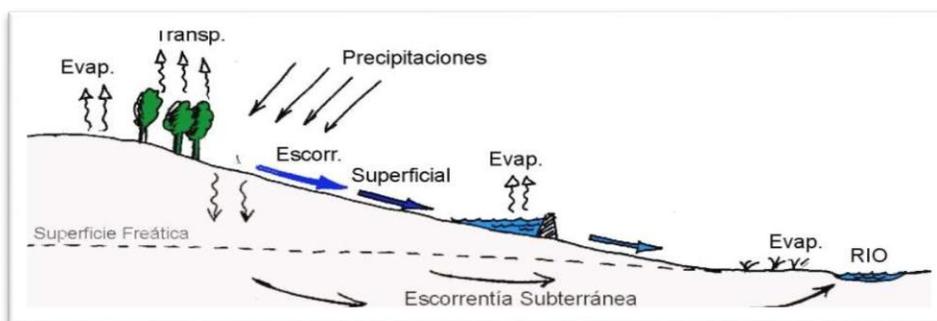


Figura 1. Ciclo hidrológico del agua.
Fuente: Sánchez San Román, 2004

Cuando se construye una vía, casi siempre se corta el escurrimiento natural, permitiéndose el paso del agua solo en los sitios que se eligen para el proyecto, de manera que se evacue el agua lo más pronto posible. Así, el agua que antes de la construcción de la vía corría libremente debe canalizarse en forma adecuada para concentrarse en estos sitios, lo que origina las obras de captación y conducción.

El diseño del sistema abarca:

- La recogida de las aguas pluviales procedentes de la capa de rodadura y sus márgenes mediante cauces, cunetas y sumideros.
- La evacuación de las aguas recogidas a través de cunetas y sumideros hacia sistemas de alcantarillado pluvial, y más tarde a cauces naturales.
- La restitución de la continuidad de los cauces naturales interceptados por la vía, mediante su eventual acondicionamiento y la construcción de obras de drenaje transversal.

Los elementos del drenaje superficial se elegirán teniendo en cuenta:

- ✓ Las soluciones técnicamente disponibles.
- ✓ La facilidad de su obtención.
- ✓ Las posibilidades y coste de su construcción y conservación.
- ✓ Los daños que su presencia pueda producir.

CLASIFICACIÓN DE DRENAJE SUPERFICIAL

El drenaje superficial se considera longitudinal o transversal, según la posición que las obras guarden con respecto al eje de la vía. La Tabla 1 hace un resumen de los diferentes dispositivos utilizados para el drenaje superficial los cuales en conjunto conforman el sistema de alcantarillado pluvial.

Tabla: 1 Obras de Drenaje Superficial

DRENAJE SUPERFICIAL	ALCANTARILLADO PLUVIAL	
	TRASVERZAL	LONGITUDINAL
UBICACIÓN	Cuza la vía de un lado al otro	Paralela al eje de la vía
DISPOSITIVO	Juegos de pendientes (bombeos, peraltes) alcantarillas ductos.	Cunetas-badenes, canaletas, bordillos, cunetas, canales
DESCARGA	Cunetas, canaletas, cauces naturales	Sumideros, colectores cauces naturales

Fuente: Miranda Naranjo & Pachar Cando (2012)

Para la ubicación y dimensionamiento de estas obras se deben considerar los siguientes criterios:

- ✓ Planta: las obras de drenaje transversal se dispondrán, de ser posible, en dirección coincidente con el cauce natural.
- ✓ Perfil: se tratará en lo posible de ajustar el perfil de la obra de drenaje Transversal, al perfil del lecho del cauce.
- ✓ Sección: se procurará respetar las dimensiones del cauce natural y no provocar fuertes estrechamientos, recurriendo para ello a sobredimensionamiento.

TIPOS DE SISTEMA DE DRENAJE URBANO

Conforme señala la Norma OS. 060- “Drenaje Pluvial Urbano” (2006), el sistema de drenaje de una ciudad está conformado por los sistemas de alcantarillado, los cuales Se clasifican según el tipo de agua que conduzcan; así tenemos:

- a) **Sistema de Alcantarillado Sanitario.** - Es el sistema de recolección diseñado para llevar exclusivamente aguas residuales domesticas e industriales.
- b) **Sistema de Alcantarillado Pluvial.** - Es el sistema de evacuación de la escorrentía superficial producida por las lluvias.
- c) **Sistema de Alcantarillado Combinado.** - Es el sistema de alcantarillado que conduce simultáneamente las aguas residuales (domésticas e industriales) y las aguas de las lluvias.

En el desarrollo de esta investigación es lo mismo hablar de alcantarillado pluvial y drenaje pluvial.

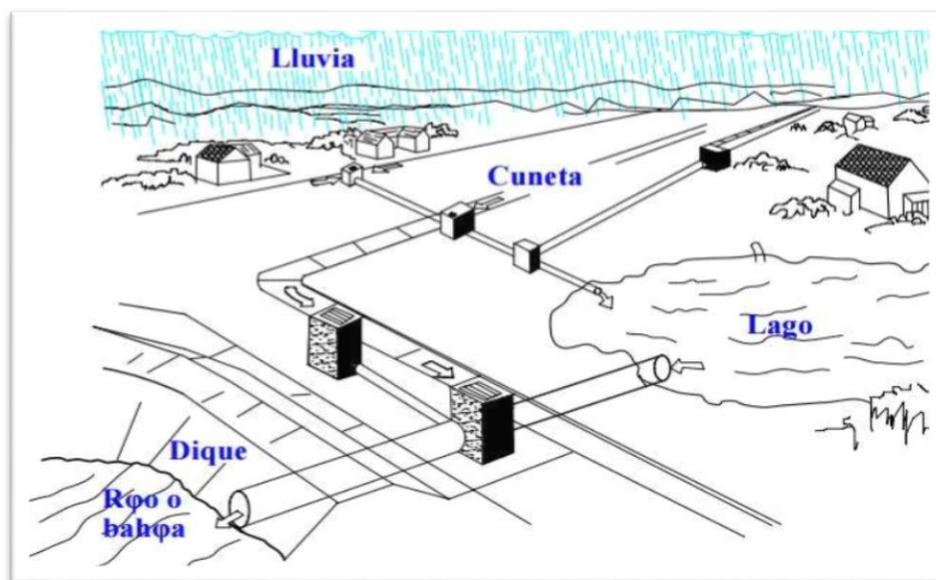


Figura 2. Sistema de alcantarillado pluvial.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007

SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Se denomina alcantarillado pluvial o sistema de alcantarillado pluvial, al sistema de tuberías, sumideros e instalaciones que permitan el rápido desalojo de aguas de lluvia, para evitar daños importantes en zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables que logren obstaculizar el normal desenvolvimiento de la vida urbana.

TIPOS DE SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL URBANO

Según la Norma OS.060- “Drenaje Pluvial Urbano”; se clasifican en 02 tipos de drenaje pluvial urbano.

- **Drenaje Urbano Mayor.** - Sistema de drenaje pluvial que evacúa caudales que se presentan con poca frecuencia y que además de utilizar el sistema de drenaje menor (alcantarillado pluvial), utiliza las pistas delimitadas por los sardineles de las veredas, como canales de evacuación.
- **Drenaje Urbano Menor.** - Sistema de alcantarillado pluvial que evacúa caudales que se presentan con una frecuencia de 2 a 10 años.

COMPONENTES DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL

Los componentes principales de un sistema de alcantarillado pueden agruparse según la función para la cual son empleados: Estructuras de captación, estructuras de conducción, estructuras de conexión y mantenimiento, estructuras de vertido, instalaciones complementarias y finalmente estructuras de disposición final.

a. Estructuras de captación. Recolectan las aguas a transportar; en los sistemas de alcantarillado pluvial se utilizan sumideros o bocas de tormenta como estructuras de captación, aunque también pueden existir conexiones domiciliarias donde se vierta el agua de lluvia que cae en techos y patios. En los sumideros (ubicados convenientemente en sitios bajos del terreno y a cierta distancia en las calles) se coloca una rejilla o coladera para evitar el ingreso de objetos que obstruyan los conductos, por lo que son conocidas como coladeras pluviales.

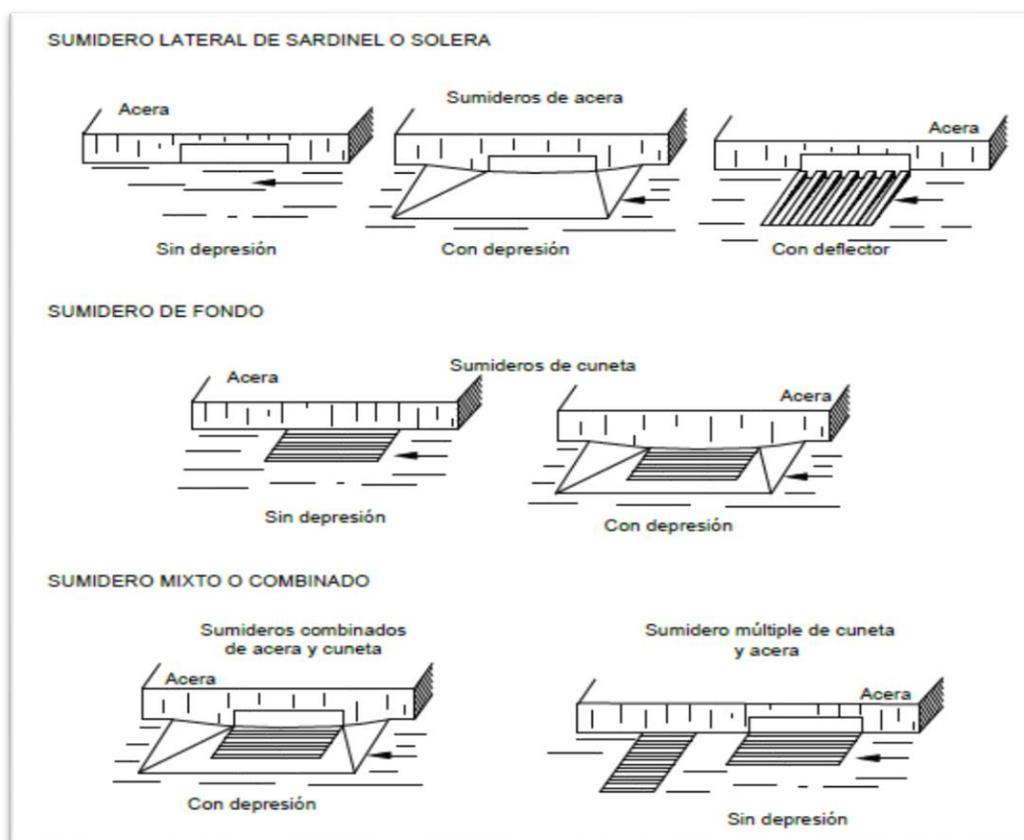


Figura 3. Tipos de sumideros o coladeras pluviales
Fuente: Norma OS.060, 2006

b. Estructuras de conducción. Transportan las aguas recolectadas por las estructuras de captación hacia sitios de tratamiento o vertido. Representan la parte medular de un sistema de alcantarillado y se forman con conductos cerrados y abiertos conocidos como tuberías y canales, respectivamente.

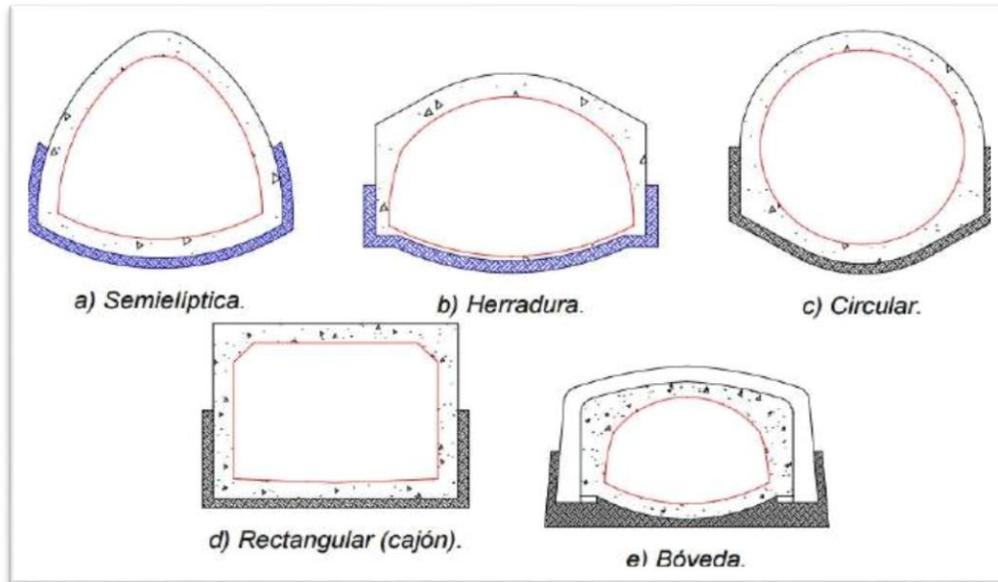


Figura 4. Secciones Transversales de Conductos Cerrado.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.

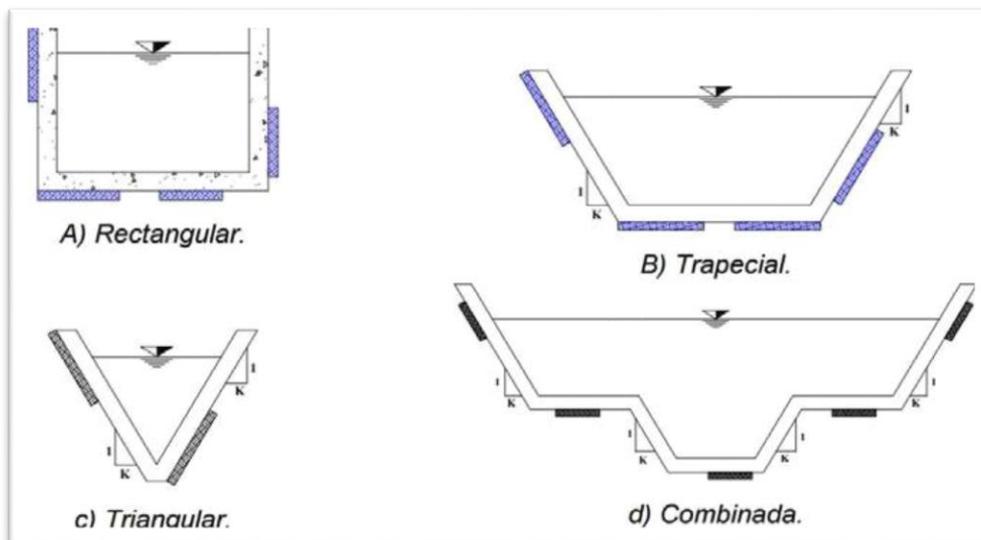


Figura 5. Secciones Transversales de Conductos Abiertos.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.

d. Estructuras de descarga. Son estructuras terminales que protegen y mantienen libre de obstáculos la descarga final del sistema de alcantarillado, pues evitan posibles daños al último tramo de tubería que pueden ser causados por la corriente a donde descarga el sistema o por el propio flujo de salida de la tubería

c. Estructuras de conexión y mantenimiento. Facilitan la conexión y mantenimiento de los conductos que forman la red de alcantarillado, pues además de permitir la conexión de varias tuberías, incluso de diferente diámetro o material, también disponen del espacio suficiente para que un hombre baje hasta el nivel de las tuberías y maniobre para llevar a cabo la limpieza e inspección de los conductos. Tales estructuras son conocidas como cámaras de revisión.

e. Instalaciones complementarias. Se considera dentro de este grupo a todas aquellas instalaciones que no necesariamente forman parte de todos los sistemas de alcantarillado, pero que en ciertos casos resultan importantes para su correcto funcionamiento. Entre ellas se tiene a las plantas de bombeo, plantas de tratamiento, estructuras de cruce, vasos de regulación y de detención, disipadores de energía, etc.

f. Disposición final. La disposición final de las aguas captadas por un sistema de alcantarillado no es una estructura que forme parte del mismo; sin embargo, representa una parte fundamental del proyecto de alcantarillado. Su importancia radica en que si no se define con anterioridad a la construcción del proyecto el destino de las aguas residuales o pluviales, entonces se pueden provocar graves daños al medio ambiente e incluso a la población servida o a aquella que se encuentra cerca de la zona de vertido.

HIDROLOGÍA

Se llama Hidrología a la rama de la Hidráulica encargada del estudio de los procesos de circulación, ocurrencia y distribución del agua sobre la superficie terrestre, así como Su interacción con el medio ambiente.

CONCEPTOS GENERALES DE HIDROLOGÍA

a) Cuenca Hidrológica

Una cuenca es la unidad básica en un estudio hidrológico y se define como aquella área de terreno donde el agua de lluvia que cae sobre su superficie y que no se infiltra, es conducida hasta un punto de salida. El tamaño de una cuenca depende de la ubicación del punto de salida. Dentro de la cuenca se considera la existencia de una corriente principal y de tributarios, que son afluentes de la primera. Por otra parte, el parte aguas (divortium acuarum) es el límite de la cuenca, de modo que los puntos de mayor elevación topográfica señalan la zona hacia donde escurren las gotas.

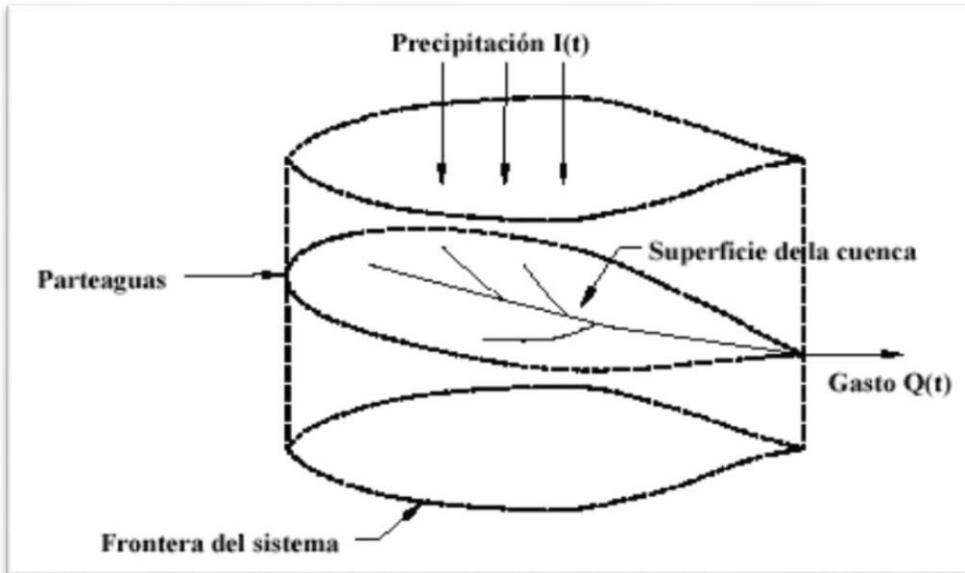


Figura 6. Representación Esquemática de una Cuenca.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.

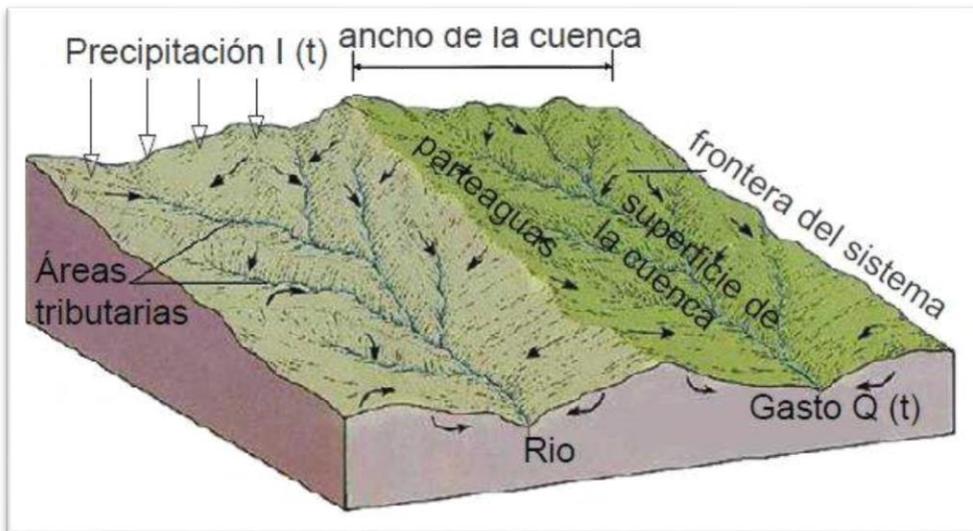


Figura 7. Cuenca Hidrológica.
Fuente: Comisión Nacional del Agua, 2007.

b) Cuenca Urbana

Agredo (2013) afirma que: “Es la cuenca hidrográfica donde se originan procesos urbanísticos de asentamientos humanos, con actividades sociales, económicas, políticas y culturales, apoyadas en sistemas tecnológicos artificiales que se desarrollan a expensas del sistema natural”.

c) Precipitación

Se denomina precipitación, a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, Tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Ellas son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. (Musy, 2001, citado en Ordoñez, 2012).

En nuestro país es la lluvia es la responsable de los escurrimientos pluviales. La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de drenaje parten del estudio de la precipitación para estimar los gastos de diseño que permiten dimensionar las obras de drenaje.

La medición de la precipitación se ha llevado a cabo principalmente con aparatos Climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm), la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre estos dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación a cumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24 hrs.) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo.



Figura 8. Aparatos climatológicos de medición de lluvia.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2005

d) Hietogramas

Es un gráfico que expresa precipitación en función del tiempo. En ordenadas puede figurar la precipitación caída (mm), o bien la intensidad de precipitación (mm/hora). Generalmente se representa como un histograma (gráfico de barras, figura adjunta), aunque a veces también se expresa como un gráfico de línea (como la figura de más arriba, que sería un hietograma anual). A veces un hietograma se refiere a un día o a una tormenta concreta (en el eje de abscisas, las horas que duró la tormenta); en otras ocasiones el periodo de tiempo representado en el eje horizontal puede ser más amplio: meses o años.

El dimensionamiento hidráulico de las estructuras de drenaje urbano requiere la estimación del caudal pico. Cuando las cuencas hidrográficas son grandes, o cuando están compuestas de dos o más cuencas pequeñas cuyo caudal fluye a un mismo punto, los métodos de caudal pico son inapropiados para el diseño hidrológico. En estos casos es necesario estimar un histograma que represente la precipitación caída versus tiempo, conocido como hietograma de diseño.

Para esto existen diversos procedimientos, varios de ellos basados en las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia. Uno de estos es el método de bloques alternos el cual comienza con la selección de la curva Intensidad-Duración-Frecuencia correspondiente al período de retorno deseado, o una ecuación que refleje dicha curva. En cualquiera de los casos, es posible leer gráficamente y obtener de la ecuación la intensidad de precipitación para diversos incrementos de tiempo. Lo siguiente es escoger la duración del evento de lluvia, distribuirlo en intervalos y calcular la precipitación caída en cada intervalo.

Para construir el hietograma se procede así: en el centro se coloca la precipitación registrada en el intervalo más lluvioso, a su derecha se coloca la precipitación registrada en el 2º intervalo más lluvioso, a la izquierda la registrada en el 3º intervalo más lluvioso, etc., obteniendo como resultado un histograma análogo al mostrado en el gráfico siguiente.

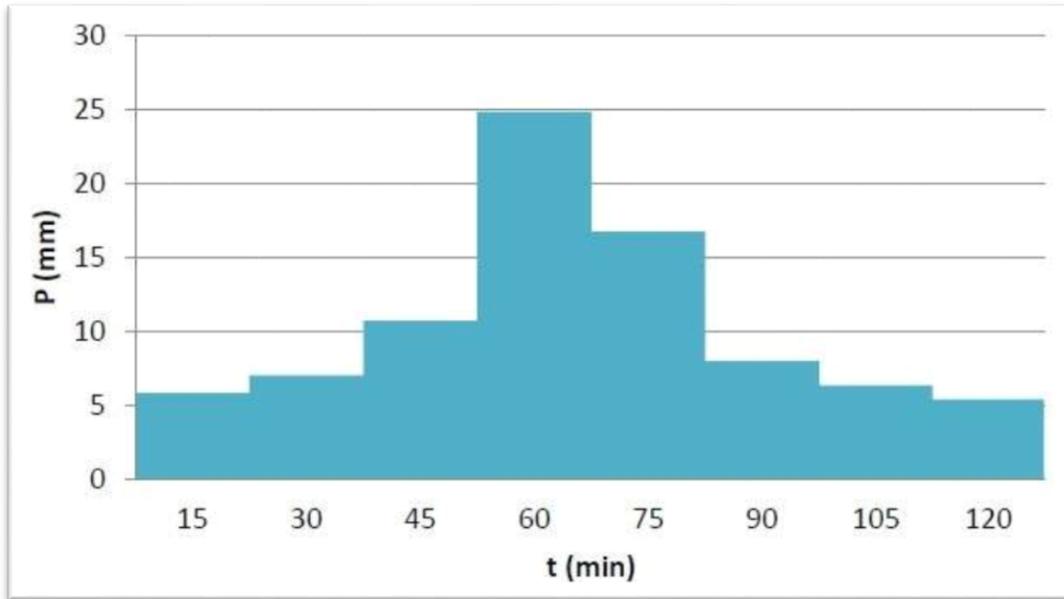


Figura 9. Hietograma.

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2005.

e) Intensidad de Lluvia y Duración

Intensidad de lluvia. - Es la medida que determina lo fuerte que está lloviendo. La más fuerte de las lluvias, tiene la más fuerte de las intensidades. La intensidad se define como la altura de lluvia acumulada por unidad de tiempo usualmente expresada en mm/h. Podemos tener una expectativa de cuánto podría llover, pero se debe tener en cuenta que para cualquier lluvia, mientras más corto sea el periodo de concentración mayor será la magnitud de la intensidad de lluvia, ya que la intensidad de lluvia es una relación de cuanto llueve en un determinado periodo de tiempo y suponiendo que en una zona llueve una cantidad fija de agua, conforme mayor sea el tiempo en el que cae menor será la intensidad de lluvia.

Duración. - Es una de las principales y más evidente propiedad de las tormentas. Es el total de intervalos de lluvia. La importancia de la duración de la lluvia es evidente ya que la intensidad media de la tormenta decrece con la duración y el área aportante de la cuenca crece al aumentar la duración de la tormenta. Normalmente se mide en horas o minutos.

f) Curvas Intensidad Duración y Frecuencia

Una manera de resumir y caracterizar el comportamiento de las precipitaciones es mediante las relaciones entre sus propiedades, en particular entre Duración, Intensidad y Frecuencia.

Estas relaciones además son muy útiles para ser usadas en el diseño hidráulico de las obras de drenaje urbano. Estas relaciones presentan la variación de la intensidad de la lluvia de distintas duraciones, asociadas a diferentes probabilidades de ocurrencia y son útiles para estimar indirectamente el escurrimiento proveniente de cuencas pequeñas esencialmente impermeables, en función de la lluvia caída. Estas curvas tienen usualmente una forma de tipo exponencial, donde la intensidad, para una misma frecuencia, disminuye a medida que aumenta la duración de la precipitación. Es corriente incorporar en el mismo gráfico las curvas asociadas a diferentes frecuencias, en forma paramétrica, para obtener la familia de curvas de un lugar en un mismo gráfico. Un ejemplo de ellas se muestra en la siguiente Figura.

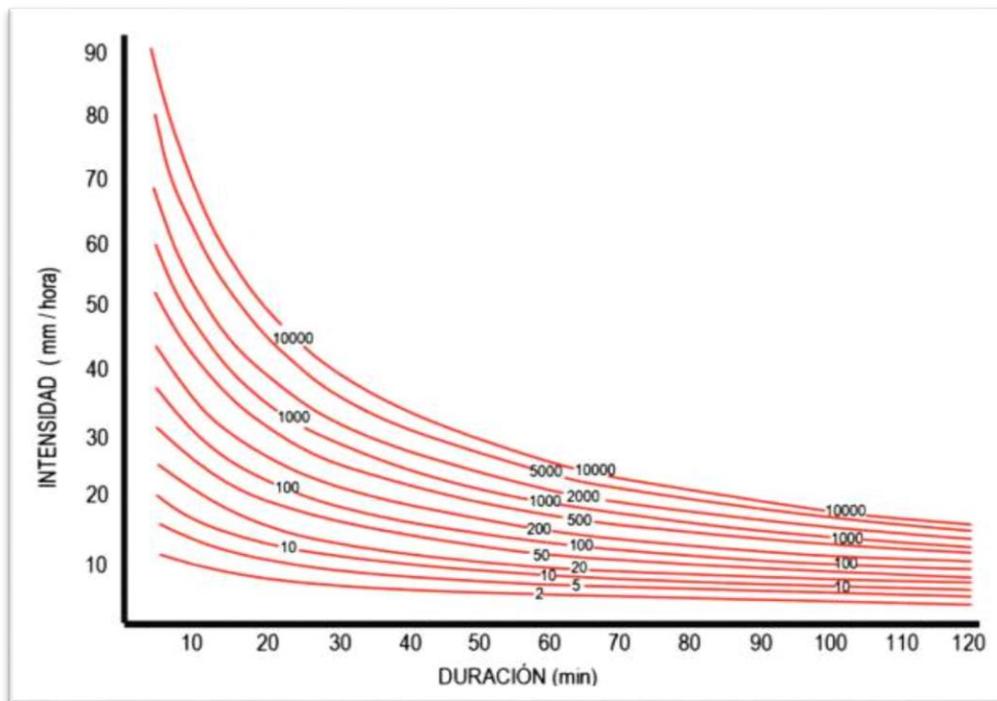


Figura 10. Curvas IDF.

Fuente: Manual de Drenaje Urbano, Chile, 2005.

g) Distribución de la Lluvia

La lluvia o precipitación que cae al suelo se distribuye de diferentes formas:

- ✓ Almacenamiento superficial
- ✓ Almacenamiento por infiltración en el suelo (retención y detención), cuyo principal efecto es una disminución en el caudal máximo

- ✓ El almacenamiento por retención se sostiene por un período largo y se agota por evaporación.
- ✓ El almacenamiento por detención es por un período corto y se agota por el flujo hacia fuera del almacenamiento. (el objetivo es diferir el tiempo de alimentación de las aguas lluvias hacia la red de drenaje)

El flujo fuera del almacenamiento de detención puede ser:

- ✓ Flujo no saturado a través del suelo no saturado, cerca de la superficie terrestre.
- ✓ Flujo de aguas subterráneas, a través de los acuíferos saturados más profundos.
- ✓ Escurrimiento superficial, a través de la superficie terrestre.
- ✓ Siendo el escurrimiento superficial aquella parte de la lluvia que no es absorbida por el suelo mediante infiltración.

h) Tiempo De Concentración

Algunos lugares tienen una captación que está hidráulicamente más cerca para descargar a un punto que otras. En otras palabras, en un lugar puede empezar a llover ahora, pero se podría tardar algunos minutos u horas antes de que el agua llegue al punto de descarga. Se supone que el máximo escurrimiento se presenta en el tiempo de concentración cuando toda la cuenca está contribuyendo al flujo en su salida. El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota de agua para fluir desde el punto más remoto de la cuenca hasta el punto de estudio.

i) Tiempo De Traslado En Los Colectores

Existen varios factores que afectan el traslado del agua y el valor del coeficiente de fricción, entre los que se encuentran principalmente: rugosidad de la superficie de conducción, presencia y tipo de vegetación, irregularidades y obstrucciones en la conducción, depósitos de materiales y erosión, tamaño y forma de la conducción, material suspendido y transporte de fondo. A continuación, se presentan algunos valores de “n”.

Tabla 2. Coeficiente de rugosidad de Manning

Cunetas de las calles	Coeficiente de Rugosidad N
a. Cuneta de Concreto con acabado paleta	0.012
b. Pavimento Asfáltico	
1.) Textura Lisa	0.013
2.) Textura Rugosa	0.016
c. Cuneta de Concreto con Pavimento Asfáltico	
1.) Textura Lisa	0.013
2.) Textura Rugosa	0.015
d. Pavimento de Concreto	
1.) Acabado con llano de Madera	0.014
2.) Acabado Escobillado	0.016
e. Ladrillo	0.016
f. Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementaran los valores arriba indicados de n, en:	0.002

Fuente: Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2006)

El tiempo de traslado resulta:

$$t_t = \frac{l}{V}$$

Tt = Tiempo de traslado (seg)

L= Longitud del tramo en el cual escurre el agua (m)

V= Velocidad media de traslado (m/seg)

El tiempo de concentración para cada alcantarilla se determina sumando el tiempo de concentración para el área inmediatamente tributaria a la entrada de la alcantarilla más al tiempo de concentración para las áreas tributarias aguas arriba. Cuando hay más de un área aguas arriba, el tiempo de concentración es el más largo de aquellos posibles. Al tratarse de áreas aportantes pequeñas o con pendientes fuertes, si el tiempo de concentración resulta menor a 5 min se considerará este tiempo como mínimo para los sitios más pequeños de aporte pluvial.

La propuesta de norma OS.060, presenta un cuadro muy interesante de resumen de diversas fórmulas para el cálculo del tiempo de concentración.

Tabla 3. Resumen de las ecuaciones de tiempo de concentración

METODO Y FECHA	FORMULA PARA tc (min)	OBSERVACIONES
Kirpich (1940)	$tc = 0.01947 \cdot L^{0.77} \cdot S^{0.385}$	Desarrollada a partir de la información del SCS de siete cuencas rurales de Tennessee con canales bien definidos y pendientes empinadas (3% a 10%) para flujo superficial en superficies de concreto y asfalto, multiplicar tc por 0.4; para superficies de concreto multiplicar por 0.2; sin ajustes para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.
	$tc = 0.0195 \cdot L^{0.77} \cdot S^{0.385}$	
	L : Longitud del canal desde aguas arriba, hasta la salida, m. S : pendiente promedio de la cuenca, m/m.	
California Culverts Practice (1942)	$tc = 0.0195 \cdot (L^3 / H)^{0.385}$ L : Longitud del curso del agua más largo, m H : Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, m	Esencialmente es la ecuación de Kirpich, desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California
Izzard (1946)	$fc = \frac{525 \cdot (0.0000276 \cdot i + c) \cdot L^{0.33}}{S^{0.333} \cdot i^{0.533}}$ I : intensidad de lluvia, mm/h c : coeficiente de retardo L : longitud de trayectoria de flujo, m S : pendiente de trayectoria de flujo, m/m	Desarrollada experimentalmente en laboratorio por el Bureau of Public Roads, para flujo superficial en caminos y áreas de césped; los valores del coeficiente de retardo varían desde 0.0070 para pavimentos muy lisos hasta 0.012 para pavimentos de concreto y 0.06 para superficies densamente cubiertas de pasto; la solución requiere de procesos, el producto de $i \cdot L$ debe ser ≤ 3800 .
Federal Aviation Administration (1970)	$Tc = \frac{0.7035^{(1.1 - C)} \cdot L^{0.30}}{S^{0.333}}$ C : coeficiente de escorrentía del método racional L : longitud del flujo superficial, m S : pendiente de la superficie, m/m	Desarrollada de información sobre el drenaje de aeropuertos, recopilada por el Corps of Engineers; el método tiene como finalidad en ser usado en problemas de drenaje de aeropuertos, pero a sido frecuentemente usado para flujo superficial en cuencas urbanas.
Ecuaciones de Onda cinemática Morgal y Linsley (1965) Aron y Eborge (1973)	$Tc = \frac{7 \cdot L^{0.5} \cdot n^{0.5}}{i^{0.4} \cdot S^{0.3}}$ L : longitud del flujo superficial, m n : coeficiente de rugosidad de Manning i : intensidad de Lluvia, mm/h S : pendiente promedio del terreno m/m	Ecuación para flujo superficial desarrollada a partir de análisis de onda cinética de la escorrentía superficial desde superficies desarrolladas; el método requiere iteraciones debido a que tanto i (intensidad de lluvia) como tc son desconocidos; la superposición de una curva de intensidad – duración – frecuencia da una solución grafica directa para tc.
Ecuaciones de Retardo SCS (1973)	$Tc = \frac{0.0136 \cdot L^{0.5} \cdot (1000/CN - 9)^{0.3}}{S^{0.3}}$ L : longitud hidráulica de la cuenca (mayor trayectoria de flujo), m CN: número de curva SCS S : Pendiente promedio de la cuenca, m/m	Ecuación desarrollada por SCS a partir de información de cuencas de uso agrícola; a sido adaptada a pequeñas cuencas urbanas, con áreas inferiores a 810 ha. Se a encontrado que generalmente es buena cuando cuando el área se encuentra completamente pavimentada; para áreas mixtas tiene tendencia de sobreestimación; se aplica factores de ajuste para corregir efectos de mejoras en canales o impermeabilización de superficies, $tc = 1.67$ veces el retardo de la cuenca.

Fuente: Propuesta de Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2014)

i) Periodo de Retorno

El periodo de retorno y la frecuencia son descripciones estadísticas de la severidad de un evento de lluvia. El periodo de retorno es el lapso de tiempo que se da entre dos aguaceros que presentan una misma magnitud específica. La frecuencia o probabilidad de excedencia es el inverso del periodo de retorno. Como se podría esperar, la lluvia con el más alto de los periodos de retorno, es la menos frecuente y presenta la más alta de las intensidades de lluvia.

j) Coeficiente De Escorrentía

El coeficiente C es una medida de la proporción de la lluvia que se convierte en escorrentía. No toda el agua de lluvia precipitada llega al sistema del alcantarillado; parte se pierde por factores tales como evaporación, intercepción vegetal, detención superficial en cunetas, zanjas o depresiones, y por infiltración. De todos los factores mencionados, el de mayor importancia es el de infiltración, el cual es función de la impermeabilidad del terreno y es por esto que en algunos casos se le llama coeficiente de impermeabilidad. La determinación absoluta de este coeficiente es muy difícil ya que existen hechos que pueden hacer que su valor varíe con el tiempo. Por una parte, las pérdidas por infiltración disminuyen con la duración de la lluvia debido a la saturación paulatina de la superficie del suelo y, por otra parte, la infiltración puede ser modificada de manera importante por la intervención del hombre en el desarrollo de la ciudad, por acción estales como la tala de árboles y la construcción de nuevos sectores residenciales y comerciales. El coeficiente de escurrimiento se obtendrá de la siguiente fórmula.

$$C = \frac{\sum(c * a)}{\sum a}$$

c = Coeficiente de escorrentía de cada una de las áreas parciales

a = Áreas parciales (ha)

C = Coeficiente de escorrentía promedio

Las siguientes tablas muestran algunos valores de coeficiente de escorrentía dependiendo de la zona o superficie a ser analizada:

Tabla 4. Coeficientes de Escorrentía Promedio para Áreas Urbanas.

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE		COEFICIENTE DE ESCORRIENTIA
Calles		
Pavimento asfáltico		0,70 a 0,95
Pavimento de concreto		0,80 a 0,95
Pavimento de adoquines		0,70 a 0,85
Veredas		0,70 a 0,85
Techos y azoteas		0,75 a 0,95
Césped, suelo arenoso		
Pendiente plana	(0 – 2%)	0,05 a 0,10
Pendiente promedio	(2 – 7%)	0,10 a 0,15
Pendiente pronunciada	(> 7%)	0,15 a 0,20
Césped, suelo arcilloso		
Pendiente plana	(0 – 2%)	0,13 a 0,17
Pendiente promedio	(2 – 7%)	0,18 a 0,22
Pendiente pronunciada	(> 7%)	0,25 a 0,35
Praderas		0,20

Fuente: Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2006)

Tabla 5. Coeficientes de Escorrentía Promedio para Áreas Rurales

Topografía y Vegetación	Tipo de suelo		
	Marga arenosa	Marga arcillosa y limosa	Arcilla densa
Bloques			
Plano	10	30	40
Ondulado	25	35	50
pronunciado	30	50	60
Pastos			
Plano	10	30	40
Ondulado	16	36	55
pronunciado	22	42	60
Terrenos de cultivo			
Plano	30	50	60
Ondulado	40	60	70
Pronunciado	52	72	82

Fuente: Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2006)

Tabla 6. Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional

CARACTERISTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
AREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	73	77	81	86	90	95	100
Concreto techo	75	80	83	88	92	97	100
Zonas verdes (jardines, parques, etc.) condición pobre (cubierta de pasto menor del 50%) del área.							
Plano 0 – 2%	32	34	37	40	44	47	58
Promedio 2 – 7%	37	40	43	46	49	53	61
Pendiente superior a 7%	40	43	45	49	52	55	62
condición promedio (cubierta de pasto menor del 50% al 75%) del área.							
Plano 0 – 2%	25	28	30	34	37	41	53
Promedio 2 – 7%	33	36	38	42	45	49	58
Pendiente superior a 7%	37	40	42	46	49	53	60
condición buena (cubierta de pasto mayor del 75%) del área.							
Plano 0 – 2%	21	23	25	29	32	36	49
Promedio 2 – 7%	29	32	35	39	42	46	56
Pendiente superior a 7%	34	37	40	44	47	51	58
AREAS NO DESARROLLADAS							
Áreas de cultivos							
Plano 0 – 2%	31	34	36	40	43	47	57
Promedio 2 – 7%	35	38	41	44	48	51	60
Pendiente superior a 7%	39	42	44	48	51	54	61
Pastizales							
Plano 0 – 2%	25	25	30	34	37	41	53
Promedio 2 – 7%	33	36	38	42	45	49	58
Pendiente superior a 7%	37	40	42	46	49	53	60
Pastizales							
Plano 0 – 2%	22	25	28	31	35	39	48
Promedio 2 – 7%	31	34	36	40	43	47	56
Pendiente superior a 7%	35	39	41	45	48	52	58

Fuente: Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2006)

INFORMACIÓN PLUVIOMÉTRICA

Cuando el estudio hidrológico requiera la determinación de las curvas intensidad – duración - frecuencia (IDF) representativas del lugar del estudio, se procederá de la siguiente manera:

a) Si la zona en estudio está en el entorno de alguna estación pluviográfica, se usará directamente la curva IDF perteneciente a esa estación.

b) Si para la zona en estudio sólo existe información pluviométrica, se encontrará la distribución de frecuencia de la precipitación máxima en 24 horas de dicha estación, y luego junto con la utilización de la información de la estación pluviográfica más cercana se estimarán las precipitaciones para duraciones menores de 24 horas y para el período de retorno que se requieran.

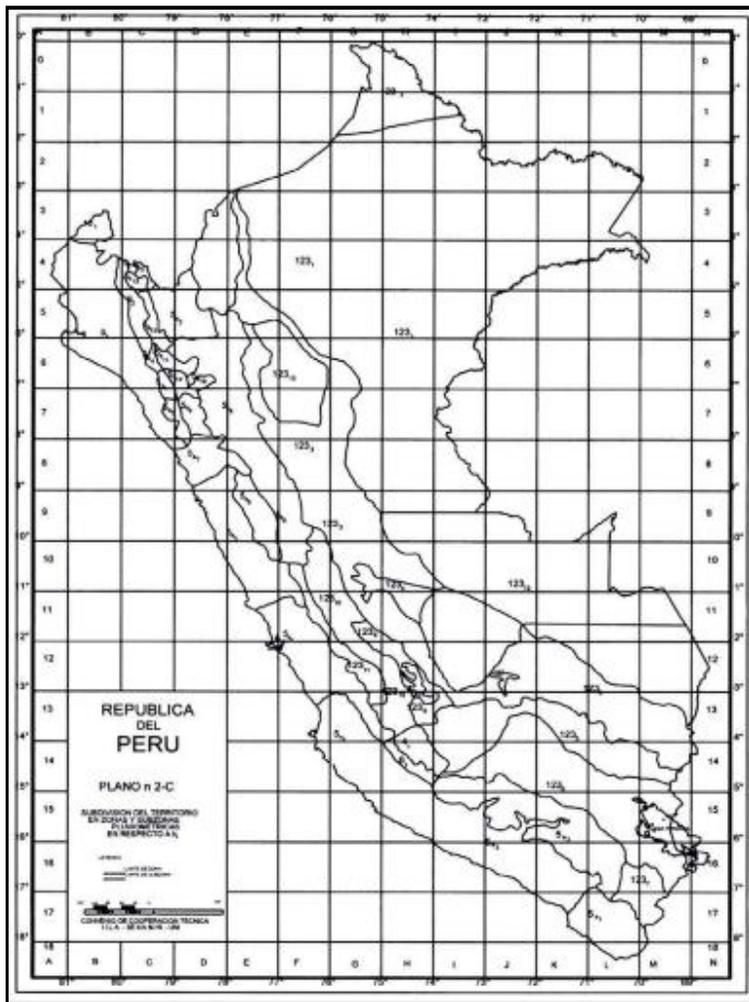


Tabla 7. Subdivisión del Territorio en Zonas y Subzonas Pluviométricas y Valores de los Parámetros $K'g$ y ϵ_0 .

ZONA	$K'g$	Subzona	ϵ_g
123	$K'g = 0,553$	1231	$\epsilon_g = 85,0$
		1232	$\epsilon_g = 75,0$
		1233	$\epsilon_g = 100 - 0,022 Y$
		1234	$\epsilon_g = 70 - 0,019 Y$
		1235	$\epsilon_g = 24,0$
		1236	$\epsilon_g = 30,5$
		1237	$\epsilon_g = -2 + 0,006 Y$
		1238	$\epsilon_g = 26,6$
		1239	$\epsilon_g = 23,3$
		12310	$\epsilon_g = 6 + 0,005 Y$
		12311	$\epsilon_g = 1 + 0,005 Y$
		12312	$\epsilon_g = 75,0$
		12313	$\epsilon_g = 70$
4	$K'g = 0,861$	41	$\epsilon_g = 20$
5a	$K'g = 11. E g^{-0.85}$	5a1	$\epsilon_g = -7,6 + 0,006 Y (Y > 2300)$
		5a2	$\epsilon_g = 32 - 0,177 D$
		5a3	$\epsilon_g = -13 + 0,010 Y (Y > 2300)$
		5a4	$\epsilon_g = 3,8 + 0,0053 Y (Y > 1500)$
		5a5	$\epsilon_g = -6 + 0,007 Y (Y > 2300)$
		5a6	$\epsilon_g = 1,4 + 0,0067$
		5a7	$\epsilon_g = -2 + 0,007 Y$
		5a8	$\epsilon_g = 24 + 0,0025 Y$
		5a9	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
		5a10	$\epsilon_g = 18,8 + 0,0028 Y$
		5a11	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5a12	$\epsilon_g = 19,0 + 0,005 Y$
		5a13	$\epsilon_g = 23,0 + 0,0143 Y$
		5a14	$\epsilon_g = 4,0 + 0,010 Y$
5b	$K'g = 130. E g^{-1.4}$	5b1	$\epsilon_g = 4 + 0,010 (Y > 1000)$
		5b2	$\epsilon_g = 41,0$
		5b3	$\epsilon_g = 23,0 + 0,143 Y$
		5b4	$\epsilon_g = 32,4 + 0,004 Y$
		5b5	$\epsilon_g = 9,4 + 0,0067 Y$
6	$K'g = 5,4. E g^{-0.6}$	61	$\epsilon_g = 30 - 0,50 D$
9	$K'g = 22,5. E g^{-0.85}$	91	$\epsilon_g = 61,5$
		92	$\epsilon_g = -4,5 + 0,323 Dm (30XDmx110)$
		93	$\epsilon_g = 31 + 0,475(Dm - x110)$
10	$K'g = 1,45$	101	$\epsilon_g = 12,5 + 0,95 D$

Fuente: Norma OS.060 "Drenaje Pluvial Urbano" (2006)

Tabla 8. Valores de los parámetros a y n que, junto con K, definen las curvas de probabilidad Pluviométrica en cada punto de las sub zonas.

SUB ZONA	ESTACION	Nº TOTAL DE ESTACIONES	VALOR DE n	VALOR DE a
123 ₁	321 – 385	2	0.357	32.2
123 ₃	384 – 781 – 805	3	0.405	a = 37.85 – 0.0083
123 ₁₃	244 – 193	2	0.432	Y
123 ₅	850 – 903	2	0.353	
123 ₆	804 – 913 – 918 958	4	0.380	9.2 11.0
123 ₈	654 – 674 – 679 709 – 713 – 714 732 – 745 – 752	9	0.232	14.0
123 ₉	769	1	0.242	12.1
123 ₁₀	446 – 557 – 594 653 – 672 – 696 708 – 711 – 712 715 – 717 – 724 757 – 773	14	0.254	a = 3.01 + 0.0025 Y
123 ₇	508 – 667 – 719 750 – 771	5	0.286	a = 0.46 + 0.0023 Y
5a ₂	935 – 968	2	0.301	a = 14.1 + 0.078 D
5a ₅	559	1	0.303	a = -2.6 + 0.0031 Y
5a ₁₀	248	1	0.434	a = 5.80 + 0.0009 Y

Fuente: Norma OS.060 “Drenaje Pluvial Urbano” (2006)

DISEÑO DE SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL

La eficiencia del funcionamiento hidráulico de una red de alcantarillado para conducir ya sea aguas residuales, pluviales o ambas, depende de sus características físicas. Mediante el empleo de algunos de los principios de la Hidráulica, se analizan y dimensionan desde estructuras sencillas tales como bocas de tormenta hasta otras más complicadas como son las redes de tuberías y de canales. Los conceptos básicos de Hidráulica, útiles para el diseño y revisión de una red de alcantarillado abarcan entre otros a los siguientes: tipos de flujo, ecuaciones fundamentales de conservación de masa (o de continuidad), cantidad de movimiento y energía, conceptos de energía específica, pérdidas de carga por fricción y locales, perfiles hidráulicos, salto hidráulico, estructuras hidráulicas especiales y métodos de tránsito de avenidas.

Principios hidráulicos:

Para iniciar el diseño de un sistema urbano de alcantarillado pluvial se requiere tener a mano los datos del caudal y la variación de la intensidad de lluvia con respecto al tiempo de concentración. Cabe aclarar que este modelo de diseño considera condiciones de flujo uniforme y permanente. En este capítulo se hace un resumen de los principales métodos de cálculo de caudales. No obstante, hay que aclarar que para efectos del programa DSAP, el método utilizado es el del Método Racional. Los tres tipos básicos de cargas que pueden ser modelados en el diseño de un sistema urbano de alcantarillado pluvial son:

- Carga racional: es la carga que produce una determinada área de influencia.
- Carga adicional: es la carga que se adiciona al sistema y proviene de otro sistema adyacente.
- Carga conocida: puede ser una carga que se asume como fija y que puede tener cualquier procedencia.

Cada una de esas cargas son combinadas para dar el total del flujo en cualquier punto del alcantarillado, hasta aquí se hace posible combinar fácilmente cargas de diferentes fuentes. Es por eso que para obtener el caudal total del flujo que va a viajar por un tubo se puede usar la siguiente fórmula:

$$Q_T = Q_R + Q_A + Q_K$$

Dónde:

Q_T = carga total, en m³ /s

Q_R = carga racional, en m³ /s

Q_A = carga adicional, en m³ /s

Q_K = carga conocida, en m³ /s

Cálculo del caudal:

Método racional

El método racional es el más simple de los métodos usados para el diseño de alcantarillados pluviales. Aunque fue ampliamente usado en el pasado, sin embargo, algunos autores recomiendan que este método no debe ser aplicado en áreas que superan los 3 km², no obstante, si se quiere ser estricto se debe decir que este método solo debe usarse si se asegura que los factores que intervienen en su cálculo se mantienen constantes durante un determinado lapso de tiempo. El procedimiento calcula el caudal como el producto de la intensidad de precipitación, el área de drenaje y un coeficiente que refleja los efectos combinados del almacenamiento superficial, infiltración y evaporación. El caudal máximo instantáneo para una cuenca impermeable que escurre sobre un área bajo una intensidad de precipitación es:

$$Q = \frac{iA}{360}$$

Dónde:

Q= caudal de descarga, en m³ /s

i= intensidad de lluvia, en mm/hr

A= área a drenar, en ha

De este total, una parte será perdida por el resultado de factores como: la precipitación, la radiación solar, la topografía y la geología local, la evaporación y la intercepción

Para las condiciones dadas de humedad antecedente, características del suelo, pendiente del terreno y nivel de desarrollo, la fracción de la precipitación incidente que aparece como escorrentía es definida como C. Si C es conocida, entonces la descarga será de:

$$Q = \frac{CiA}{360}$$

Dónde:

C= coeficiente de escorrentía, adimensional C para un área no es invariable, pero tiende a incrementarse cuando la precipitación continúa. Investigaciones llevadas a cabo a principios del siglo XX condujeron al desarrollo de los siguientes valores, utilizadas para superficies impermeables:

A continuación, se presenta una tabla en la que se encuentran valores de coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de superficies:

Tabla 9. Valores de coeficientes de escorrentía para diferentes tipos de superficies.

Tipo de Superficie	C
Techos a prueba de agua	0.70 – 0.90
Calles con cemento asfáltico	0.85 – 0.90
Calles con cemento Portland	0.80 – 0.95
Aceras y Parqueaderos pavimentado	0.75 – 0.85
Aceras y parqueaderos con grava	0.5 – 0.30
Suelos arenosos, prados	

Fuente: Guías para el Diseño de Tecnologías de Alcantarillado (UNATSABAR- LIMA 2005)

Tabla 10. coeficiente de escorrentía para varias superficies, tomada, en función a la pendiente.

Coefficiente de Escorrentía en función a la pendiente	
2% de pendiente	0.05 – 0.10
2 – 7% de pendiente	0.10 – 0.15
>7% de pendiente	0.15 – 0.20
Prados, suelos pesados	
2% de pendiente	0.13 – 0.17
2 – 7% de pendiente	0.18 – 0.22
>7% de pendiente	0.25 – 0.35

Fuente: Abastecimiento de agua y alcantarillado, sexta edición 1999.

DISEÑO DEL SISTEMA.

Distancia en planta de pozo a pozo:

Se calcula haciendo uso del teorema de Pitágoras, es decir:

$$\text{Longitud planta} = \sqrt{((x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2)} = L$$

El resultado se expresa en metros

Longitud del tramo de tubería:

Este dato es útil para calcular el tiempo que dura el agua viajando por la tubería. Para este cálculo hay que tomar en cuenta los efectos de la pendiente y se aplica la fórmula.

$$\text{Longitud planta} = \sqrt{((x_i - x_o)^2 + (y_i - y_o)^2)} = L$$

El resultado se expresa en metros

Revisión de elevaciones:

En este paso se compara el dato de la elevación de la corona del tubo que llega a un pozo (Elevación1) con la elevación de la corona del tubo que sale del mismo pozo (Elevación2), esta comparación debe guardar siempre esta relación:

$$\text{Elevación}_1 \geq \text{Elevación}_2$$

Pendiente del tramo de tubería:

Se calcula con los datos de las elevaciones de las coronas de los tubos y la longitud en planta entre pozos. Este dato es necesario a la hora de calcular el diámetro de diseño utilizando la fórmula de Manning. La pendiente se calcula así:

$$S(\%) = \frac{z_i - z_o}{L} \times 100$$

Caudal:

Se utiliza el Método Racional, para ello es necesario haber definido previamente el valor del área tributaria y la intensidad de lluvia. El método racional utiliza la siguiente fórmula:

$$Q = C i A / 360$$

Resultado en m³/seg.

Caudal acumulado:

Suma el caudal inicial del pozo, el tributado debido al área y el caudal que viene dentro de la tubería principal.

$$Q_{\text{acumulado}} = Q_{\text{inicial}} + Q_{\text{tributado}} + Q_{\text{tubería}}$$

Resultado se expresa en m³/seg.

Diámetro de diseño

Soluciona la ecuación de Manning introduciendo algunos factores de forma propios de la geometría del círculo. Así se toma la ecuación de Manning y se dividen ambos lados entre el diámetro elevado a los ocho tercios (D^{8/3}) esto implica:

$$\frac{Q_n}{\sqrt{S} D^{8/3}} = \frac{AR^{2/3}}{D^{8/3}}$$

Puede convertirse en un valor que puede ser obtenido de la ecuación anterior. Así se toma el valor supuesto de Y/D y puede obtenerse un valor de α y una vez que se tienen estos datos solo se despeja el diámetro de la ecuación. Esto origina la siguiente ecuación:

$$\left(\frac{Q_n}{\sqrt{S} \alpha} \right)^{3/8} = D$$

El resultado se expresa en metros. Los cálculos presentados anteriormente representan la primera fase del diseño de un perfil contenido en un proyecto cualquiera. A continuación, se describen las operaciones realizadas en la parte final del proceso.

Velocidad:

Se toma la definición de caudal y se despeja la velocidad, así se llega a:

$$V = \frac{Q}{A}$$

El resultado se expresa en m/s.

Así mismo para ejecutar este proceso se debe contar con el valor del área transversal del flujo en el tubo.

Tiempo en el sistema:

Este dato se obtiene de dividir la longitud del tramo (L_{tramo}) de tubería entre la velocidad en el tramo (V_{tramo}). Es decir:

$$T_{sistema} = \frac{L_{tramo}}{V_{tramo}}$$

Radio hidráulico:

Este dato es necesario para calcular el número de Reynolds y se obtiene a partir de la relación Y/D , utilizando las ecuaciones de esta manera:

$$R = D \times f(Y/D)$$

Ancho superficial

Para canales circulares se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$T = 2\sqrt{Y(D-Y)}$$

Número de Froude:

Se calcula por medio de la siguiente fórmula:

$$N_F = \frac{v}{\sqrt{gy_h}}$$

El resultado es adimensional

Número de Reynolds:

Este valor se calcula de esta manera:

$$N_r = \frac{VR}{\nu}$$

El resultado es adimensional

Hipótesis:

La propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones en la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz – Ancash, mejoraría significativamente la adecuada captación, drenaje y evacuación de las aguas provenientes de las precipitaciones.

Objetivo general:

Desarrollar la propuesta de Diseño del Sistema de Drenaje por Precipitaciones en la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz – Ancash.

Objetivos específicos los Siguietes:

- Realizar el diagnóstico de la situación actual del sistema de drenaje pluvial existente.
- Determinar la máxima precipitación histórica en la ciudad de Caraz.
- Realizar el levantamiento topográfico de la zona urbana de la ciudad de Caraz.
- Evaluar la mejor alternativa para la propuesta de un Sistema de Drenaje por Precipitaciones para la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz – Ancash.

Características De La Zona De Estudio

UBICACIÓN Y ACCESO

La ciudad de Caraz está ubicada a 15 km al norte de la ciudad de Yungay y a 67 km de la ciudad de Huaraz. Se ubica a orillas del río Santa en el Callejón de Huaylas, siendo la segunda ciudad en importancia en esta zona, después de Huaraz, que es la capital del departamento. Se encuentra a una altitud de 2,256 metros sobre el nivel del mar, una superficie territorial de 246.52 Km². con latitud de 09 02 50" y una longitud 77 48 39". Para esta investigación de tesis se tomó la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Topografía del Lugar

Caraz cuenta con una superficie territorial de 246.52 Km². Su territorio pertenece al llamado "Callejón de Huaylas". Ya que se encuentra ubicado entre la cordillera blanca y la cordillera negra, Posee zonas montañosas, picos nevados, quebradas. Por ello la ciudad de Caraz presenta una topografía medianamente accidentada, con pendiente de moderada a alta.

Aspectos Climáticos

El clima de Caraz es templado todo el año con una temperatura que oscila entre los 16° y 25°C se presentan precipitaciones promedio entre los meses de Diciembre a Abril, con precipitaciones anuales superiores a 500 mm, pero menores a 8000 mm, La sequedad atmosférica es baja y con descensos de temperatura en forma brusca.

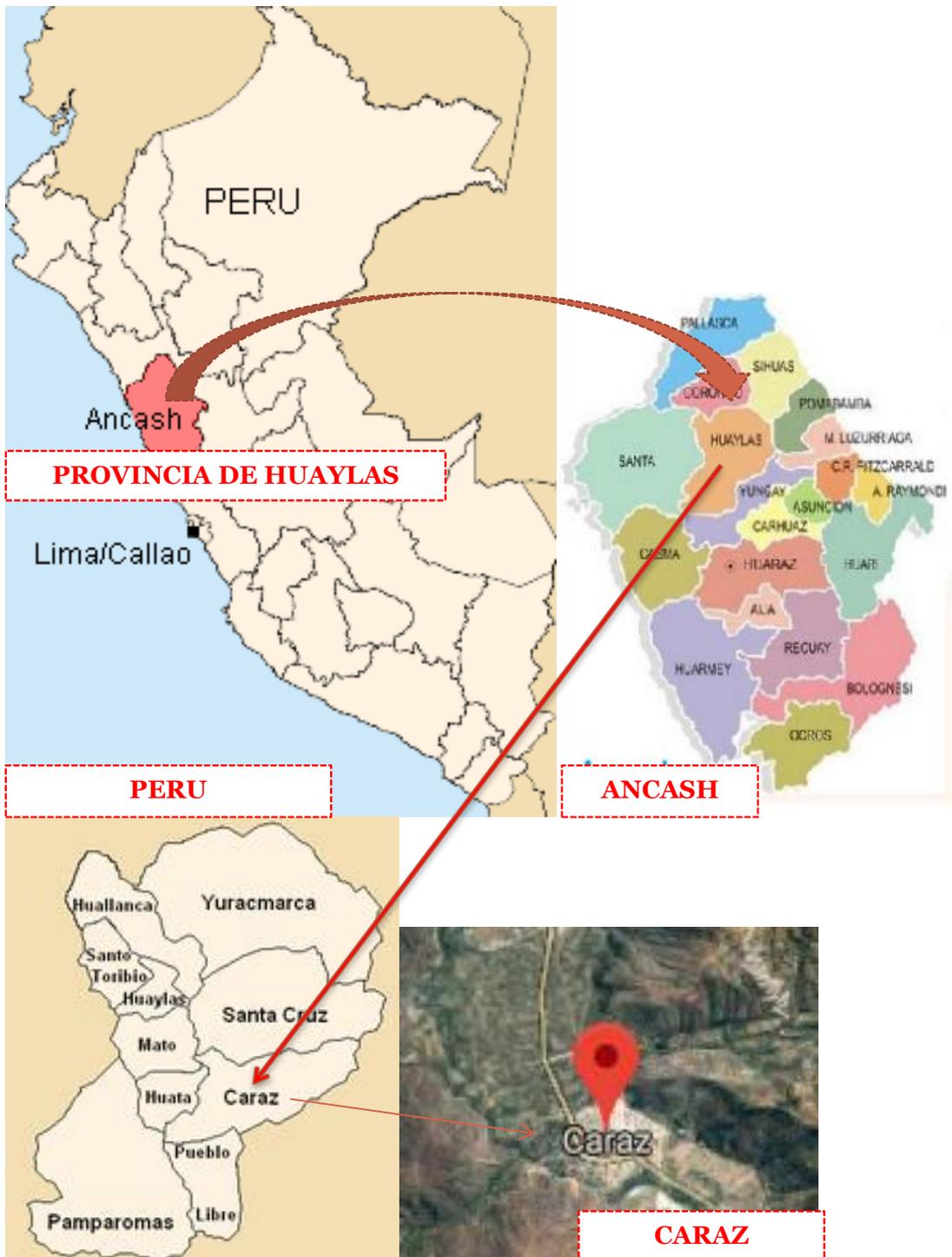


Figura 12. Mapa de Perú con Departamento, provincia y ciudad de Caraz.

Fuente: Serperuano.com, google heart

MATERIAL Y MÉTODOS

TIPO Y DISEÑO

Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se desarrolló en este proyecto, es una investigación de tipo **descriptiva**, ya que se realizó un diagnóstico de la situación actual del alcantarillado pluvial existente y con una **propuesta de diseño**, porque en función a la recolección de datos meteorológicos y topográficos, se pudo realizar una propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones para la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Diseño de Investigación

El diseño es **no experimental**, ya que no se realizó variar intencionalmente las variables de la investigación; **transversal** ya que se centró en analizar las variables en un momento dado.

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

La población para este estudio estará constituida por el Suelo de la zona urbana de ciudad de Caraz.

Muestra

Valores diarios de la precipitación, se trabajará con toda la población de la zona urbana de la ciudad de Caraz

TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Tabla 11. Técnica e instrumentos de la investigación

TECNICA DE RECOLECCION DE DATOS	INSTRUMENTO
✓ Observación Científica	✓ Guías de observación y Resumen
✓ Medición de Campo	

PROCESO Y ANÁLISIS DE LOS DATOS

Procesamiento y Análisis de la Información

El análisis de información es parte fundamental en el proceso de investigación, donde su finalidad fue organizar y resumir los datos obtenidos, dentro del análisis se buscó identificar la información “útil” que fue de interés de la investigación a partir de la recolección de datos, los procesamientos de los datos se realizaron con los programas:

- ✓ Cuadros y cálculos con Software Excel
- ✓ Cálculos con Software H canales
- ✓ Calculo de la máxima intensidad de lluvia de diseño con Hydroesta2

El análisis se realizó con:

- ✓ Tablas
- ✓ Gráficos
- ✓ planos

RESULTADOS

DIAGNOSTICO DE LA SITUACIONAL ACTUAL DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EXISTENTE.

Actualmente la zona urbana de la ciudad de Caraz se encuentra delimitada por una vía no pavimentada en su totalidad, denominada el anillo vial. Conformada por 6 tramos, carretera central, avenida 9 de octubre, circunvalación norte, la av. 28 de julio, Jr. Sáenz Peña av. Noé Bazán peralta. Cuya longitud perimetral es de 4,734.807 metros lineales.



Figura 13. Imagen de la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Fuente: Google heart (2018)

Los sistemas de alcantarillado pluvial de la ciudad de Caraz se encuentran colmatados por la acumulación de sedimentos y residuos sólidos, en algunos casos se le ha conectado la red de alcantarillado sanitario (desagüe) como es el caso de la intersección de la Av. Daniel Villar con Carretera central (Anexo 1 foto 7 - 8), a tal grado que en las épocas de lluvia se desbordan las aguas pluviales, provocando la inundación en calles, avenidas y ciertas zonas principalmente aquellas ubicadas en las partes bajas de la ciudad.



Figura 14. Caudal de aguas de lluvia pasa sobre el sumidero
Nota: foto tomada en Marzo del (2018) intersección del Jr. San Martin y plaza de armas



Figura 15. Caudal de aguas de lluvia discurre en toda la vía, de acera a acera
Nota: foto tomada en Abril del (2018) Jr. San Martin



Figura 16. Inundaciones en zonas bajas de la ciudad
Nota: foto tomada en Abril del (2018) Intersección Jr. San Martin y Carretera central



Figura 17. Desborde de las aguas de lluvia por el alcantarillado sanitario
Nota: foto tomada en Marzo del (2018) Intersección Av. Daniel Villar y Carretera central



Figura 18. Alcantarilla colmatada de sedimentos y residuos solidos

Nota: foto tomada en diciembre del (2018) Intersección Av. Daniel Villar y Jr. Córdoba

En cuanto a la red de alcantarillado de las aguas pluviales, en temporada de lluvias podrían colapsar por su colmatación con residuos sólidos y sedimentos, así como por el inadecuado diseño del sistema de alcantarillado; poniendo en riesgo a la población por el peligro de inundación de las vías y viviendas y contaminación con aguas residuales. De este modo, es preciso que se contribuya a reducir los factores de vulnerabilidad en la ciudad de Caraz y mitigar los efectos de posibles eventos adversos en el futuro, así como para promover la adopción de medidas preventivas de seguridad y protección de la población, de sus propiedades e inversiones; pues se entiende que en la medida que la población vaya creciendo mayores serán los daños sino se sabe prevenir y responder a eventos adverso.



Figura 19. Alcantarilla (sumidero) colapsado

Nota: foto tomada en Marzo del (2018) Intersección Carretera central y Jr. Grau



Figura 20. Discurrimento de aguas de lluvia socaban calles y avenidas

Nota: foto tomada en Abril del (2017) Intersección Carretera central y Jr. Grau



Figura 21. Intransitabilidad peatonal y vehicular
Nota: foto tomada en Febrero del (2018) Jr. San Martín



Figura 22. Alcantarilla (sumidero) colapsado
Nota: foto tomada en Marzo del (2018) Jr. San Martín

La Tabla 12. Muestra la Distribución de sumideros existentes en la zona urbana de la ciudad de Caraz.

La Tabla 12. Distribución de sumideros en la zona urbana de la ciudad de Caraz.

ANILLO VIAL			
ítem	Ubicación (intersecciones)	Dimensionamiento	Afectación
1	Av. Noé Bazán Peralta con Carretera central	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colapso
2	Carretera central con Av. 20 de enero	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colmatada
3	Carretera central con Av. Mesa Arizona	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Obstrucción
4	Carretera central con Av. Santa rosa	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colmatada
5	Carretera central con Jr. Daniel villar	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Derrame de agua residual
6	Carretera central con el pasaje # 12	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Derrame de agua residual
7	Carretera central con pasaje 1 de mayo	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Derrame de agua residual
8	Carretera central con Jr. Mariscal Cáceres	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colapso
9	Carretera central con Jr. San Martin	0.60 x 0.70 – tub. 25”	Colapso
10	Carretera central con Jr. Sucre	0.60 x 0.70 – tub. 25”	Colapso
11	Carretera central con Jr. Grau	0.60 x 0.70 – tub. 25”	Colapso
12	Carretera central con av. Luzuriaga	0.60 x 0.70 – tub. 25”	Colapso
13	Av. 9 de octubre con Jr. Raimondi	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colapso
14	Av. 9 de octubre y prolongación Alfonso Uga	0.60 x 0.70 – tub. 15”	Colmatada
15	Av. 9 de octubre y circunvalación norte	0.60 x 0.50 – tub. 15”	Colapso
16	Av. Noé Bazán peralta con calle 11	0.60 x 0.50 – tub. 15”	Colmatada
17	Av. Noé Bazán peralta con Av. La Merced	0.60 x 0.50 – tub. 15”	Colmatada
18	Av. Noé Bazán peralta y prolong, Túpac Ama	0.60 x 0.50 – tub. 15”	Colmatada
ZONA URBANA (CALLES)			
19	Av. La Merced: av. Noé Bazán peralta, 20 de Enero, Mesa Arizona, Santa Rosa, Pasaje 9.	0.50 x 0.40 – tub. 15”	5 sumideros, 619.23mts. de longitud(colamtadas)
20	Jr. Córdova y Jr. Sáenz Peña: Av. Daniel Villar	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumidero, 877.81 mts. de longitud(colapso)
21	Jr. San Martin: Daniel villar. Plaza de armas, José Gálvez, Carretera central.	0.60 x 0.70 – tub. 15”	5 sumideros, 1069.87 mts. de longitud(colapso)
22	Jr. San Sucre: Carretera central, José Gálvez, Plaza de armas, 1 mayo. 2 en Carretera centra	0.60 x 0.70 – tub. 15”	5 sumideros, 971.01 mts. de longitud(colapso)
23	Jr. Grau: Carretera central.	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 879.75 mts. de longitud(colapso)

24	Jr. Los olivos: Carretera central.	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 159.53 mts de longitud(colapso)
25	Jr. Los Luzuriaga: Jr. José Gálvez	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 335.95 mts. de longitud(colapso)
26	Jr. Bolognesi: Jr. Raimondi.	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 526.21 mts. de longitud(colapso)
27	Jr. Ramón castilla: Jr. Alfonso Ugarte, Jr. Raimondi	0.60 x 0.70 – tub. 15”	2 sumideros, 526.21 mts. de longitud(colapso)
28	Jr. Los Pinos: Jr. Raimondi	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 294.17 mts. de longitud(colmatado)
29	Jr. Alfonso Ugarte: Prolongación Alfonso Ugarte.	0.60 x 0.70 – tub. 15”	1 sumideros, 408.78 mts. de longitud(colmatado)

Después de a verse realizado la inspección de campo, del actual sistema de alcantarillado pluvial de zona urbana de la ciudad de Caraz; se llegó a diagnosticar que:

- ✓ Cuenta con muy pocas estructuras de captación (Sumideros), 42 en total dentro de la zona urbana, siendo muy pocas para el área de influencia con la que cuenta, el cual ocasiona que en temporadas de lluvia las calles transporten gran caudal de agua ocasionando el colapso del sistema de alcantarillado.
- ✓ Las estructuras de conducción están hidráulicamente mal diseñadas ya que son de un diámetro muy pequeño para la cantidad de caudal que transportan.
- ✓ No cuentan con cámaras de inspección y cámaras de limpieza, por lo que se encuentran totalmente colmatadas, llenas de basura y sedimentos como tierra y arena.
- ✓ Todas las estructuras del sistema de alcantarillado pluvial, No cuentan con el mantenimiento periódico adecuado para su buen funcionamiento, por el cual se encuentran estructuralmente dañados.

MAXIMA PRECIPITACIÓN HISTORICA EN LA CIUDAD DE CARAZ

Precipitación en la Ciudad de Caraz:

La precipitación son aquellos procesos mediante los cuales el agua cae de la atmósfera a la superficie de la tierra en forma de lluvia (precipitación pluvial), nieve o granizo. En nuestra localidad (ciudad de Caraz) la lluvia es la que genera los escurrimientos pluviales a través de sus diferentes calles.

La magnitud de los escurrimientos superficiales está ligada proporcionalmente a la magnitud de la precipitación pluvial. Por este motivo, los estudios de drenaje que realizamos parten del estudio de la precipitación máxima en la ciudad de Caraz, para estimar los gastos de diseño que permitirán dimensionar las obras de drenaje.

La medición de la precipitación se lleva a cabo principalmente con aparatos climatológicos conocidos como pluviómetros y pluviógrafos. Ambos se basan en la medición de una lámina de lluvia (mm) la cual se interpreta como la altura del nivel del agua que se acumularía sobre el terreno sin infiltrarse o evaporarse sobre un área unitaria. La diferencia entre los dispositivos de medición consiste en que el primero mide la precipitación acumulada entre un cierto intervalo de tiempo de lectura (usualmente 24 hrs.) y el segundo registra en una gráfica (pluviograma) la altura de la lluvia acumulada de acuerdo al tiempo, en este caso se realizaron mediciones de las precipitaciones diarias, mensuales y anuales. Los datos recolectados deberán ser por lo menos 10 años atrás, siendo lo ideal 20 años atrás, lo que será más útil para el diseño de obras de drenaje.

La ventaja de usar los registros de los pluviógrafos con respecto a los pluviómetros radica en que se pueden calcular intensidades máximas de lluvia para duraciones predeterminadas, que posteriormente pueden ser transformadas a gastos de diseño para estructuras de drenaje.

Los dos principales grupos que afectan el escurrimiento son las características climatológicas y las características de la cuenca hidrológica, por este motivo se recolectaron aparte de la máxima precipitación, el registro de temperaturas y la humedad atmosférica.

Por este motivo los datos recolectados a continuación, fueron proporcionados por la estación meteorológica privada del Fundo San Pedro - Caraz, de la CORPORACION ROOTSPERU S.A.

Tabla 13. Detalles de la estación meteorológica privada del Fundo San Pedro - Caraz, de la CORPORACION ROOTSPERU S.A. (datos completos certificados se encuentran en el anexos N°10)

ID	Coordenadas		Geográficas de la Estación San Pedro - Caraz		
	Equipo	Nombre Estación	Altitud	latitud	longitud
EM-SP	IMETOS AG (Field climate I)	San Pedro	2,200 m.s.n.m	- 9.031335°	- 77.837932°

Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (ROOTSPERÚ)



Figura 23. Estación Meteorológica San Pedro

Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (ROOTSPERÚ)

Tabla 14. Resumen de máxima precipitación mensual por año en la ciudad de Caraz

MAXIMA PRECIPITACION MENSUAL POR AÑO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994			26.3	13.9	4.1				7.3	3.1	13.5	10.5
1995	16.1	17.7	10.9	8.0	6.4	0.9				12.6	10.5	15.8
1996	17.5	18.7	18.7	11.5	0.3				7.5	11.5	2.5	2.7
1997	7.1	11.3	8.0	16.7	1.3				7.1	6.2	17.4	15.8
1998	17.0	14.1	10.6	10.5	0.3	2.7		0.3	2.3	18.9	8.2	10.5
1999	15.4	26.2	19.5	10.4	4.7	0.9		0.3	6.0	8.3	14.1	15.5
2000	18.3	21.0	12.5	7.0	7.5			3.3	2.2	4.8	7.8	12.1
2001	12.4	8.3	31.5	8.0	5.6				4.5	6.5	13.9	22.2
2002	17.5	9.6	24.5	16.8	0.9				2.5	11.7	10.5	7.6
2003	19.2	14.6	19.2	8.2	2.4				0.4	32.2	4.7	19.8
2004	7.1	5.4	5.1	15.9	0.6	0.4	0.7		0.9	15.1	14.7	14.8
2005	17.3	11.9	12.8	4.3				0.8	3.6	4.7	7.2	18.9
2006	8.8	23.8	21.8	13.2	3.5	3.6			7.7	12.1	4.2	13.7
2007	4.8	13.6	21.5	21.7	14.4				0.5	6.3	10.3	9.3
2008	14.2	9.5	26.6	23.5	1.7	1.9			0.4	35.2	6.5	1.7
2009	15.4	16.0	26.4	11.3	4.4		4.7		0.1	14.1	11.4	14.8
2010	13.9	15.8	14.9	10.8	5.0			0.3	0.4	8.1	10.5	15.7
2011	6.6	6.1	19.0	11.1					2.1	0.5	11.0	24.7
2012	9.2	10.7	32.8	23.2	6.0				5.5	6.7	16.0	11.0
2013	14.8	13.4	16.0	8.5	10.9		0.7	0.8	6.9	12.4	9.6	12.4
2014	8.6	22.3	12.9	9.1	16.0				7.2	9.1	7.8	14.1
2015	12.7	24.4	17.8	8.1	14.0				2.7	7.2	14.8	16.2
2016	14.0	20.1	15.5	9.6	1.0				1.1	4.4	2.4	13.2
2017	14.0	21.2	17.8	13.2	5.5			1.2	6.8	10.6	12.2	14.3
2018	14.5	9.3	13.6	12.3	7.8					5.7		
MAX	19.2	26.2	32.8	23.5	16.0	3.6	4.7	3.3	7.7	35.2	17.4	24.7

Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (ROOTSPERÚ)

Máxima precipitación Histórica en la Ciudad de Caraz.

De acuerdo a la información proporcionada por la estación meteorológica privada del Fundo San Pedro - Caraz, de la CORPORACION ROOTSPERU S.A. Datos recolectados desde el año 1994 hasta el año 2018, en un periodo de 25 años, se llegó a determinar que la **máxima precipitación Histórica Diaria** se desarrolló el día **Miércoles 29 de octubre del 2008**, con una precipitación de **35.2 mm al día**.

Del mismo modo se llegó a determinar que la **máxima Precipitación Histórica Anual** se desarrolló el **año 2009** con una precipitación Acumulada de **622.50 mm al año**.

Nota: todos los datos meteorológicos de precipitación, Diaria, Mensual y Anual se presentan en anexos N° 2.

Tabla 16. Resumen de máxima precipitación Histórica Anual

		PRECIPITACIÓN PLUVIAL SAN PEDRO: 1994 - 2018																					
		AÑOS REGISTRADOS																					
MES		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ENERO		19.5	154.1	82.4	63.9	121.8	39.8	65.3	15.1	40.5	47.7	31.9	78.7	137.6	68.3	47.4	34.7	20.0	44.2	91.1	40.5	84.5	50.3
FEBRERO		73.0	99.1	201.5	115.3	52.6	34.9	60.2	27.3	33.7	69.5	36.0	77.1	81.5	74.5	25.2	74.0	67.4	96.2	79.3	89.7	117.1	43.6
MARZO		22.2	113.9	64.7	81.8	177.6	182.7	58.4	27.1	86.5	189.5	175.9	90.6	175.7	71.8	86.6	139.9	137.2	114.8	93.4	69.1	178.9	107.5
ABRIL		65.0	43.5	30.6	38.5	20.3	60.3	11.7	43.7	18.9	85.0	74.4	54.6	55.6	33.7	66.3	94.3	32.7	23.2	25.5	24.7	36.0	54.1
MAYO		1.3	0.3	18.3	19.9	8.4	0.9	3.9	1.1	0.0	3.5	15.5	1.7	4.4	13.2	0.0	8.3	12.4	27.5	31.5	1.5	10.4	25.9
JUNIO		0.0	2.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	7.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JULIO		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AGOSTO		0.0	0.3	0.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
SEPTIEMBRE		12.7	2.5	16.8	4.0	14.0	2.5	0.4	1.8	3.6	8.3	0.5	0.4	0.1	0.7	2.6	9.5	6.9	10.5	2.7	1.9	9.4	0.0
OCTUBRE		13.9	58.2	36.3	6.4	9.6	53.3	40.8	65.3	17.1	21.1	32.0	72.0	63.9	13.8	1.0	32.3	33.6	17.9	25.5	14.2	31.5	15.2
NOVIEMBRE		78.0	18.5	29.2	14.1	56.0	73.2	6.1	64.4	7.2	15.1	29.3	14.9	39.5	31.5	20.0	44.9	15.0	19.1	25.5	2.4	21.3	1.1
DICIEMBRE		121.2	38.6	31.1	62.9	80.3	39.9	96.7	41.5	73.7	66.3	33.0	7.3	59.5	65.1	114.5	47.9	66.5	75.8	63.3	44.9	46.7	0.0
TOTAL AÑO		406.8	531.6	512.1	412.1	540.6	487.5	343.5	288.4	282.5	513.0	428.5	400.3	622.5	372.9	363.6	485.8	395.2	429.2	437.8	288.9	537.0	297.7
Acum. Ene-May		181.0	410.8	397.5	319.4	380.7	318.6	199.5	114.3	179.6	395.2	333.7	302.7	454.8	261.5	225.5	351.2	269.7	305.9	320.8	225.5	426.9	281.4
Acum. Ago-Dic		225.8	118.1	113.7	92.7	159.9	168.9	144.0	173.0	102.9	110.8	94.8	94.6	163.0	111.4	138.1	134.6	124.8	123.3	117.0	63.4	110.1	16.3

Fuente: Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (empresa ROOTSPERÚ)

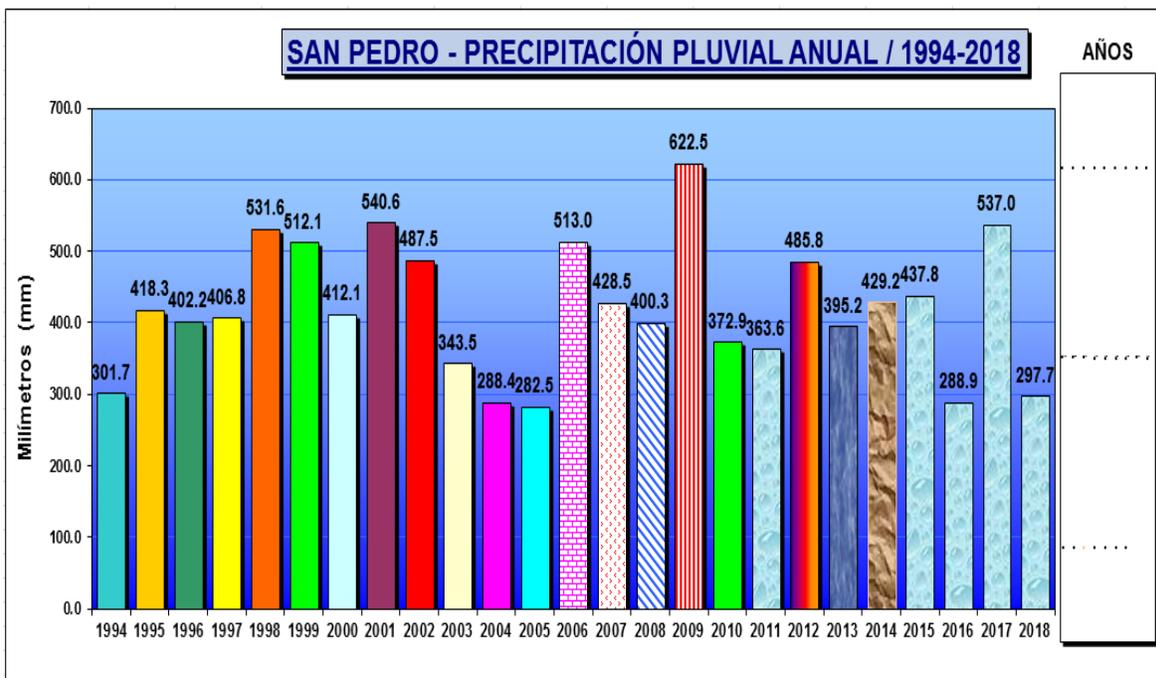


Figura 24. Gráfico de precipitación Pluvial Anual en la Ciudad de Caraz.
Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (ROOTSPERÚ)

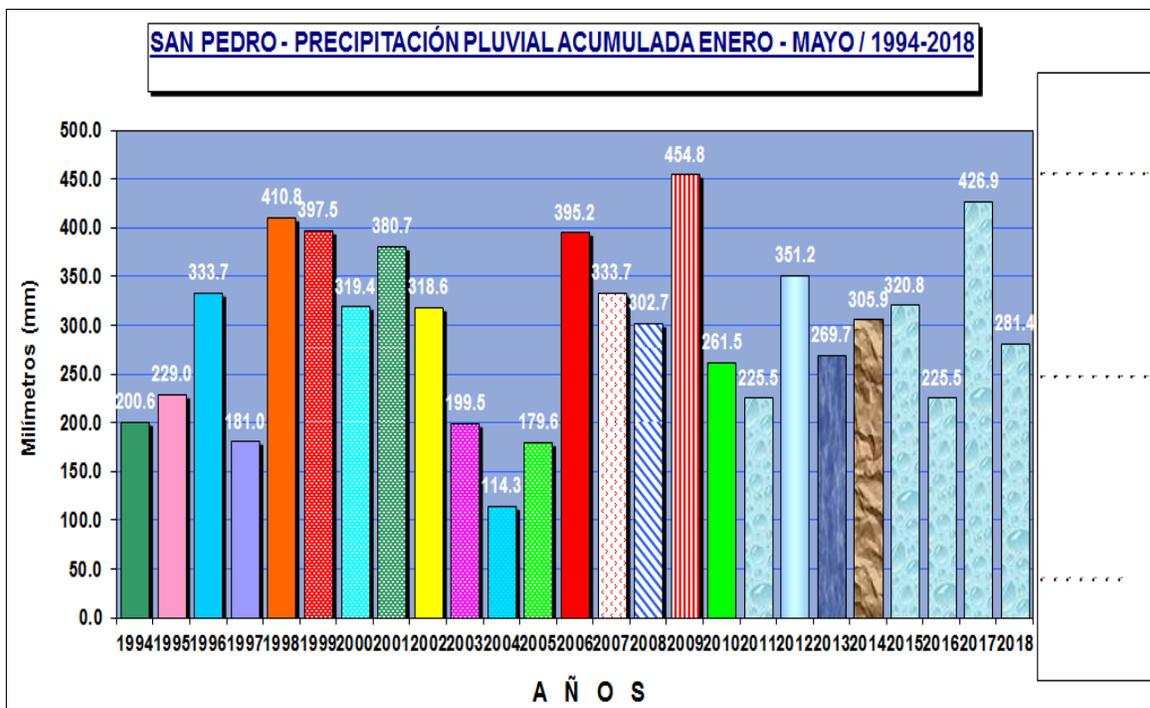


Figura 25. Gráfico de precipitación Pluvial Acumulada Enero-Mayo, en la Ciudad de Caraz.
Fuente: Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (empresa ROOTSPERÚ)

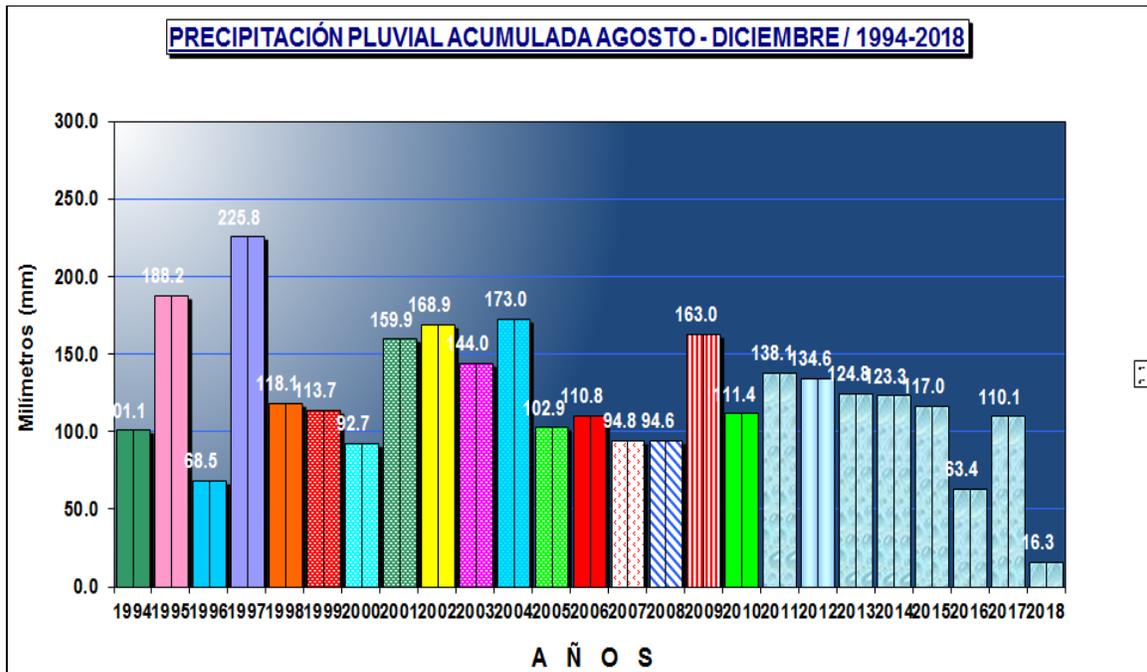


Figura 26. Gráfico de precipitación Pluvial Acumulada Agosto-Diciembre, en Caraz.
Fuente: Fuente: Estación meteorológica Fundo San Pedro – Caraz (empresa ROOTSPERÚ)

Con la información completa anteriormente recolectada, proporcionadas por la estación meteorológica San-Pedro de la corporación ROOTSPERÚ – Caraz, fueron utilizados para determinar la máxima intensidad de lluvia de diseño, haciendo uso del software HidroEsta2, software desarrollado por la Escuela Agrícola del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Programado por Máximo Villón Béjar. (Cálculos ver anexo N°3).



Figura 27. Distribuciones probabilísticas empleadas en el HidroEsta2
Fuente: empleando software Hidroesta2

Calcular la ecuación de Imáx a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido...

Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax Resultados y gráfico Imax-D-T

Ingreso de datos:
Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	26.3
2	17.7
3	18.7
4	17.4
5	18.9
6	26.2
7	21.0
8	31.5
9	24.5
10	32.2
11	15.9
12	18.9

Calcular Imáx de diseño:
Período de retorno (T): 25 años
Duración (D): 10 min
Imáx: 104.57 mm/hr

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
26.3	9.03	9.99	11.88	14.13	15.64	16.80
17.7	6.08	6.72	8.00	9.51	10.52	11.31
18.7	6.42	7.10	8.45	10.05	11.12	11.95
17.4	5.97	6.61	7.86	9.35	10.35	11.12
18.9	6.49	7.18	8.54	10.15	11.24	12.08
26.2	8.99	9.95	11.84	14.08	15.58	16.74

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	27.09	19.98	11.88	7.07	5.21	4.20
2	18.23	13.45	8.00	4.75	3.51	2.83
3	19.26	14.21	8.45	5.02	3.71	2.99
4	17.92	13.22	7.86	4.67	3.45	2.78
5	19.46	14.36	8.54	5.08	3.75	3.02
6	26.98	19.91	11.84	7.04	5.19	4.19

T año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
26.00	36.25	26.75	15.90	9.46	6.98	5.62
13.00	33.78	24.92	14.82	8.81	6.50	5.24
8.67	33.16	24.47	14.55	8.65	6.38	5.14
6.50	32.44	23.93	14.23	8.46	6.24	5.03
5.20	27.19	20.06	11.93	7.09	5.23	4.22
4.33	27.09	19.98	11.88	7.07	5.21	4.20

Ecuación: $Imáx = 108.2755 \cdot T^{(0.5257)} \cdot D^{(-0.7500)}$ R: 0.7991 R²: 0.6386 Se: 4.2451

Archivos y resultados:
Calcular Graficar Limpiar Imprimir Menú Principal Crear Accesar Excel Reporte

06:07 p.m. 19/11/2018

Figura 28. Cálculo de ecuación de Intensidad máxima de lluvia de diseño
Fuente: Programa Hidroesta2

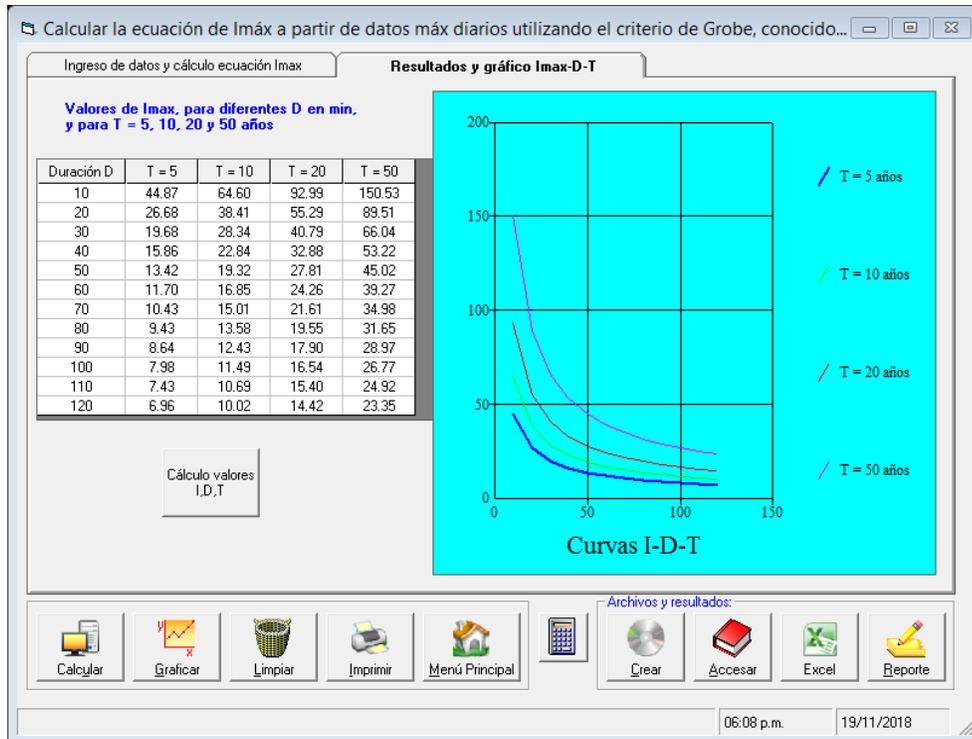


Figura 29. Curva I.D.T para diferentes periodos de retorno
Fuente: Programa Hidroesta2

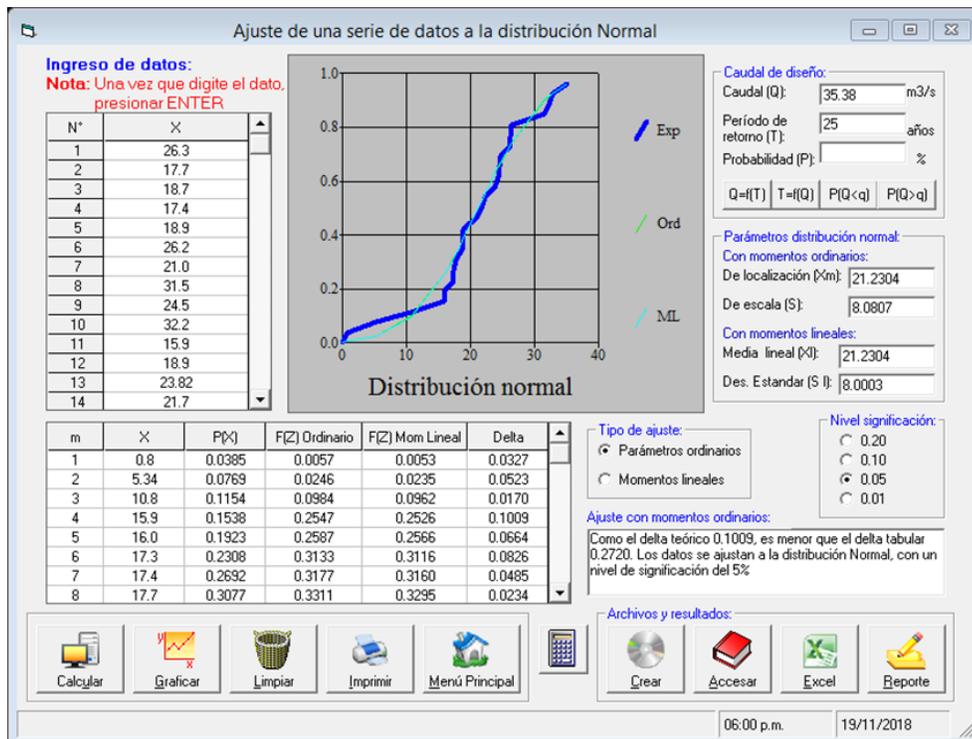


Figura 30. Caudales para periodo de retorno de 25 años
Fuente: Programa Hidroesta2

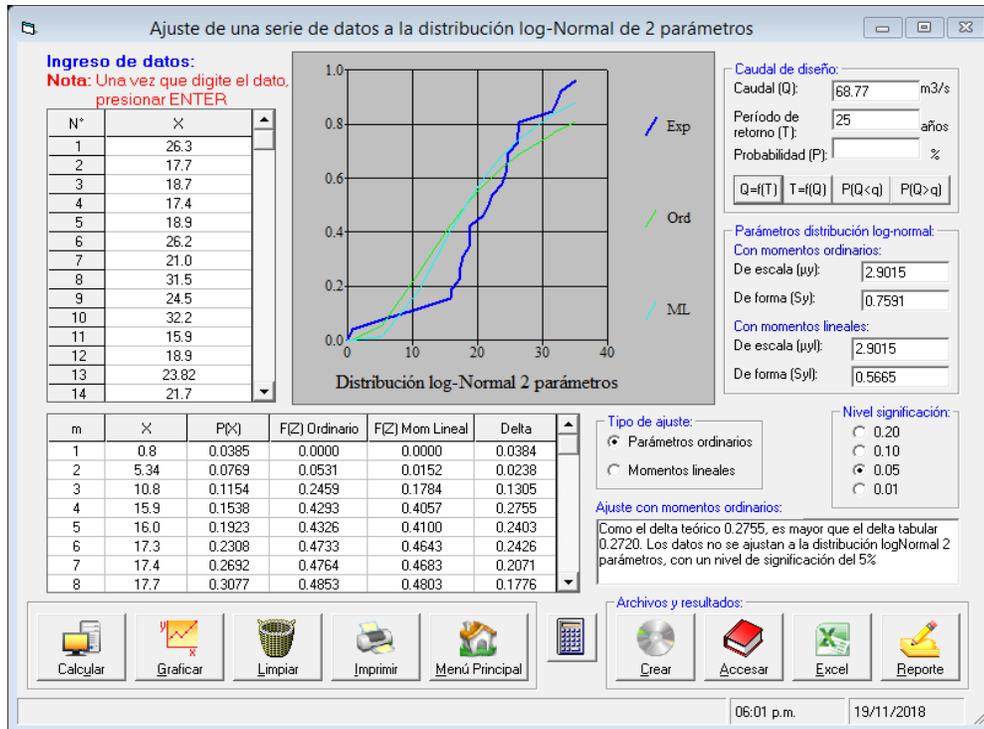


Figura 31. Distribución lognormal dos parámetros.

Fuente: Programa Hidroesta2

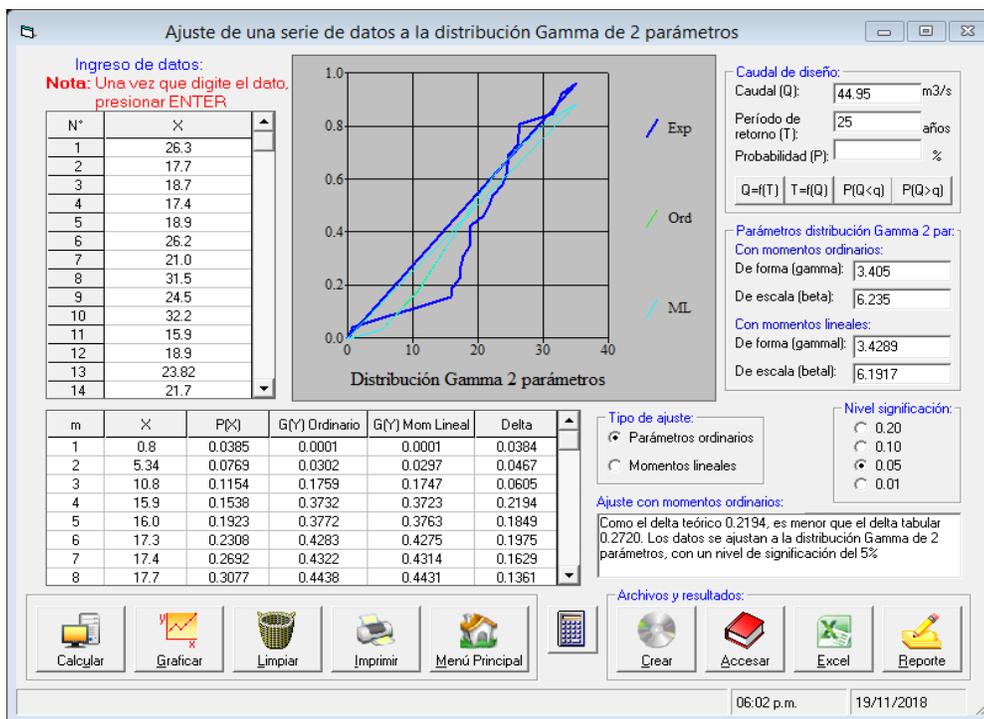


Figura 32. Distribución Gamma dos parámetros.

Fuente: Programa Hidroesta2

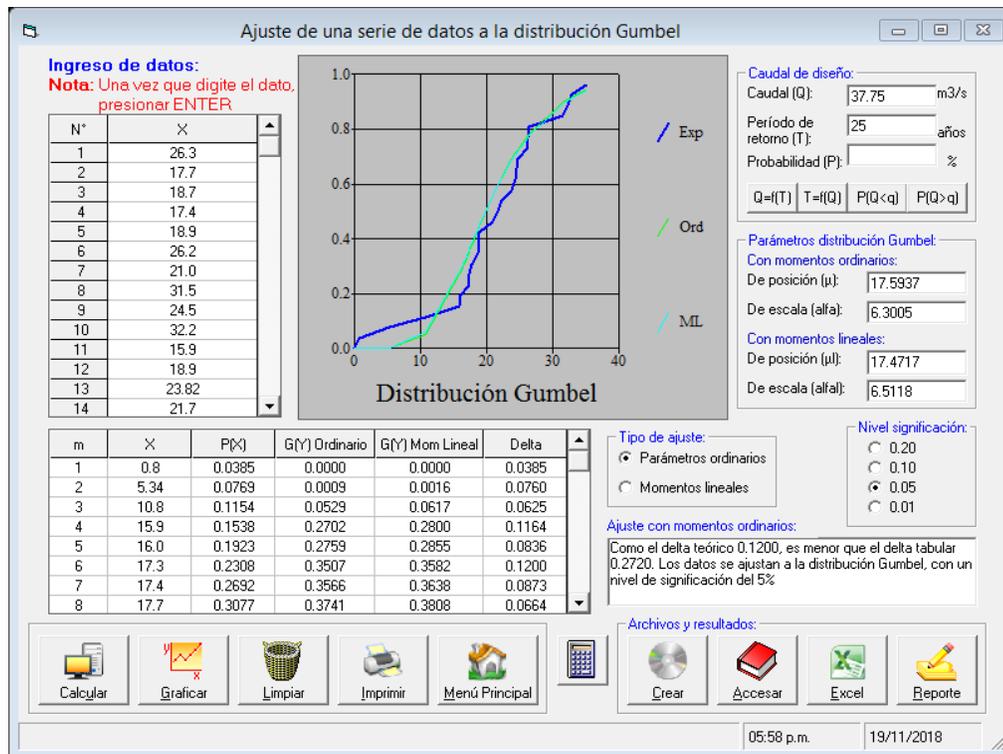


Figura 33. Distribución Gumbel.
Fuente: Programa Hidroesta2

Con los datos meteorológicos anteriormente recolectados de la estación meteorológica San Pedro-Caraz, como son la máxima precipitación histórica diaria de 32.50mm/día, realizada el día miércoles 29 de octubre de 2008, la máxima precipitación histórica anual de 622.50 mm/año, realizada el año 2009, además de todos los datos de las precipitaciones desde el año 1994 hasta el 2018, fueron procesados mediante el software Hidroesta2 para determinar la máxima intensidad de lluvia de diseño el cual resulto 104.57 mm/hr. Con un periodo de retorno de 25 años, El cual fue utilizado para ser aplicado al método racional, sugerido por el R.N.E en su título II de habilitaciones Urbanas, en su norma OS-060 Drenaje Pluvial Urbano en áreas menores a 3 Km2; para determinar el caudal de diseño para cada tramo de la zona urbana de la ciudad de Caraz.

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CARAZ:

El levantamiento topográfico viene a ser la descripción detallada del terreno o área en estudio. Mediante este levantamiento topográfico, se realizó un estudio de la superficie de la zona urbana de la ciudad de Caraz, incluyendo tanto las características naturales de la superficie como las diferencias de alturas, pendientes, calles, lotes, etc.

Descripción de la Zona de Estudio

La ciudad de Caraz se encuentra ubicada en la margen derecha del río Santa, a una altura de 2,255 metros sobre el nivel del mar, siendo sus coordenadas geográficas, 09°02' de latitud sur y 77°48' de longitud oeste del Meridiano de Greenwich. Dista 69 km, de la ciudad de Huaraz, y 469 km. de la ciudad de Lima.

La ciudad de Caraz está asentada sobre una planicie inclinada, con una pendiente que se acrecienta en el sector nor este hacia el cerro San Juan a 7%, rodeada por un paisaje, entre el norte y el este, de colinas que presentan gran cantidad de disecciones por su origen volcánico, y por el oeste, de colinas de origen sedimentario marino (formación Santa).

La ciudad está conformada por terrenos constituidos en un proceso de erosión glacial y aluvional, su tendencia de expansión urbana es sobre el cono de deyección del río Lullán, en la zona de Cruz Viva, y hacia el sur este ingreso al fundo Palmira.

La ciudad de Caraz responde a una configuración urbana de manzaneo y lotización ortogonal en su zona central más antigua, con zonas desordenadas en la periferia, originadas por asentamientos espontáneos, e influenciado por la propia cultura de los inmigrantes, sus condiciones socio-económicas y las características geomorfológicas del lugar. Tiene algunos elementos de crecimiento radial en las áreas adyacentes al antiguo centro. Espacialmente predomina el uso residencial, con desarrollo comercial en el casco urbano central, sin una jerarquización adecuada en su infraestructura vial que ordene el sistema de transporte en la ciudad.

Descripción de los Trabajos Topográficos

Previamente se realizó el reconocimiento del terreno etapa en la cual se investiga, razona y se deduce el método más apropiado para llevar óptimamente el trabajo de campo que consistió en lo siguiente:

- a.- Georreferenciación de los puntos fijos en base a la Red Geodésica Mundial WGS-84(Sistema de Posicionamiento Global), con un GPS navegador Marca GARMIN GPSmap 76CSX, estos puntos a su vez sirven de base para tomarlos como BMs, y establecer a partir de estos una poligonal abierta de apoyo que servirá de control topográfico durante el levantamiento topográfico.

- b.- Levantamiento Topográfico con Estación Total marca SOKKIA, Modelo 350 R en el área del proyecto partiendo de los puntos obteniendo, los datos topográficos de las viviendas de propiedad de los beneficiarios (previamente identificadas y numeradas), linderos de predios o parcelas, caminos carrozables, pista asfaltada, postes de media o alta tensión, norias, canales de riego, drenes, estructuras, y otros.

- c.- En el levantamiento topográfico se han registrado 253 puntos topográficos y se han establecido 04 Puntos de control Horizontal y Vertical (BMs) que se encuentran ubicados dentro del área del proyecto, estos BMs se han ubicado en hitos o estructuras existente de concreto cuyas coordenadas se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 17. Cuadro de estaciones sistemas WGS84

Nº	NORTE	ESTE	COTA	REFERENCIA	UBICACIÓN
1	191022.90	8998579.68	2265	BM-1	P- 81
2	191037.77	8999329.05	2317	BM-2	P- 65
3	190947.00	8999409.00	2322	BM-3	P- 136
4	191127.57	8999248.53	2312	BM-4	P- 64

- d.- En la fase de gabinete que consiste en el Procesamiento de los datos y la digitalización de los planos se ha empleado el programa AutoCAD CIVIL 3D obteniendo los planos de planta georeferenciadas a curvas de nivel a intervalos 2 a 10 m, se observa los BMs, las viviendas comprendidas en el proyecto, los caminos, líneas de distribución y todo tipo de infraestructura sanitaria existente y todo lo solicitado en los términos de referencia.

Las estaciones de referencia y los puntos topográficos están descritos en las hojas de anexos.

Para este levantamiento topográfico, principalmente se realizaron dos tipos de trabajos que son:

Planimetría:

El método utilizado fue el de deflexiones, se delimito el perímetro de la zona en estudio con 15 puntos de cambio, para poder determinar el área para el proyecto, del mismo modo se tomaron 253 puntos dentro de la zona urbana de la ciudad de Caraz, Tomando como 0°00' la estación anterior y midiendo ángulos internos. El equipo utilizado fue una Estación Total marca SOKKIA, modelo 350 R, prisma, y una cinta métrica con una longitud de 50 metros.

Altimetría:

El método utilizado fue una nivelación compuesta. Donde se utilizó 4 puntos estratégicos de banco de marca BM, referenciado geodésicamente, para determinar las diferencias de niveles verticales. El equipo utilizado fue un nivel de ingeniero de precisión marca Wild y una estadía de 3 metros.

Los resultados tanto de la planimetría como de la altimetría se presentan en los planos topográficos en el anexo N° 11.

LINDEROS Y COLINDANTES

NORTE	:	Colinda con el Rio Llullan y con el Ba. De Chungana, en línea de cinco tramos de 396.32, 153.32, 87.28, 494.30, 336.96 y 521.58 ml.
SUR	:	Colinda con el Barrio de Yanachaca y el Barrio de Malambo, en línea de tres tramos de 274.74, 413.09 y 356.01 ml.
ESTE	:	Colinda con el Rio Llullan y con el Ba. De Chungana, en línea de cinco tramos de 198.70 y 516.00 ml.
OESTE	:	Colinda con el Rio Llullan y con el Ba. De Shuytucallan, en línea de cinco tramos de 245.34, 153.32, 396.32, 67.83 y 552.01 ml.

AREA Y PERIMETRO

AREA TOTAL DEL TERRENO	:	1266,642.545 M2
PERIMETRO	:	4,734.807 ML

Tabla 18. Cuadro de Coordenadas UTM del casco urbano de la Ciudad de Caraz.

CUADRO DE	COORDENADAS	UTM DEL CASCO	URBANO	CARAZ
VERT	ESTE	NORTE	LADOS	DISTANCIA
1	190850.3950	8999493.0640	1-2	121.33
2	190969.0000	8999467.5000	2-3	87.28
3	191046.1990	8999508.2230	3-4	494.30
4	191341.1350	8999111.5540	4-5	336.96
5	191641.2500	8998958.3510	5-6	521.58
6	192072.9950	8998665.7130	6-7	516.00
7	191622.2820	8998414.4830	7-8	198.70
8	191554.2400	8998227.7940	8-9	356.01
9	191200.0000	8998263.2280	9-10	413.09
10	190787.1310	8998249.6870	10-11	274.74
11	190531.7930	8998351.0940	11-12	552.01
12	190343.3040	8998869.9270	12-13	67.83
13	190348.0620	8998937.5920	13-14	396.32
14	190653.6700	8998189.9240	14-15	153.32
15	190792.6750	8998254.6080	15-16	245.34
	190850.3950	8999493.0640		
AREA TOTAL:				1266,642.545 M2
PERIMETRO:				4,734.807 ML

Instrumentación Empleada

Equipo de topografía

01 estación total marca SOKKIA 350 R

01 Trípode metálico SOKKIA

03 Prisma Modelo MD-2 con su porta prisma SOKKIA

03 Bastones telescópicos metálicos de 2.5 m

01 Baterías

01 Cargador

01 Cable de transmisión de datos

01 GPSMAP 76 CSX

01 Brújula.

04 Radios comunicadores

Personal empleado

01 Ingeniero Responsable

01 Operador

03 Ayudante

01 Dibujante CAD.

EVALUACIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA EL SISTEMA DE DRENAJE POR PRECIPITACIONES PARA LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CARAZ:

Una red de alcantarillado se considera un servicio básico, sin embargo la cobertura de estas redes en las ciudades de nuestro país es ínfima en relación con la cobertura de las redes de agua potable, el cual genera importantes problemas sanitarios.

Durante mucho tiempo las autoridades municipales y departamentales han dejado de lado la construcción de redes de alcantarillado pluvial.

Actualmente las redes de alcantarillado pluvial son estructuras hidráulicas muy importantes en todos los pueblos y ciudades de nuestro país, ya que con el último fenómeno del niño costero se pudo comprobar su gran importancia, ya que si las ciudades que fueron afectadas hubiesen contado con una red de alcantarillado pluvial adecuado, se hubiese minimizado los importantes daños sanitarios en nuestro país.

Por lo antes expuesto lo que busca este proyecto de investigación, es encontrar el diseño del sistema de alcantarillado pluvial, ideal para zona urbana de la ciudad de Caraz; por lo que se evaluaron las siguientes alternativas de diseño:

a) Sistema de Alcantarillado combinado

El sistema de alcantarillado combinado, consta en unir en un solo sistema los dos sub sistemas, que son el sistema de alcantarillado sanitario y el sistema de alcantarillado pluvial; el cual capta y conduce simultáneamente el 100% de las aguas de los sistemas mencionados anteriormente, pero que dada su disposición dificulta su tratamiento posterior y causa serios problemas de contaminación al verterse a cauces naturales y por las restricciones ambientales se imposibilita su infiltración.

b) Sistema de Alcantarillado Unitario (separado)

El alcantarillado pluvial tiene como su principal función el manejo, control y conducción adecuada de la escorrentía de las aguas de lluvia en forma separada de las aguas residuales. Y llevarla o dejarla en sitios donde no provoquen daños e inconvenientes a los habitantes de las ciudades. Un sistema de alcantarillado pluvial está constituido por una red de conductos, estructuras de captación y estructuras complementarias. Su objetivo es el manejo, control y conducción de las aguas pluviales que caen sobre las cubiertas de las edificaciones, sobre las calles y avenidas, veredas, jardines, etc. evitando con ello su acumulación o concentración y drenando la zona a la que sirven. De este modo se mitiga con cierto nivel de seguridad la generación de molestias por inundación y daños materiales y humanos.

Tabla 19. Cuadro de ventajas y Desventajas de los Sistemas unitario y combinado:

ALCANTARILLADO COMBINADO	ALCANTARILLADO UNITARIO
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejores condiciones sanitarias locales. ✓ Recojo y alejamiento rápido y seguro de las aguas. ✓ Riesgo de colapso en precipitaciones fuertes. ✓ Capta aguas residuales como las pluviales en un solo sistema ✓ Disposición adecuada sanitariamente. ✓ Mediana conservación de recursos naturales. ✓ Eliminación de focos de contaminación. ✓ Ocasionan problemas de contaminación en sus desembocaduras. ✓ Es necesario Contar con planta de tratamiento que resultan más costosas por unidad de volumen tratado. ✓ La planta de tratamiento es más costosa si se encarga de tratar aguas residuales de dos tipos. ✓ los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de aguas residuales de 50 a 200 veces más. ✓ El reúso de sus aguas tiene que ser tratadas primero. ✓ Menores posibilidades de reúso de sus aguas. ✓ El costo del sistema combinado es más económico 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Mejores condiciones sanitarias locales y productivas. ✓ Recojo y alejamiento rápido y seguro de las aguas. ✓ No ay colapso en precipitaciones fuertes. ✓ Captan aguas pluviales y residuales en sistemas separados. ✓ Disposición adecuada sanitariamente ✓ Mayor conservación de recursos naturales. ✓ Eliminación de focos de contaminación. ✓ No Ocasionan problema de contaminaciones en sus desembocaduras. ✓ es necesario contar con plantas de tratamiento que resultan económicas por unidad de volumen tratado. ✓ La planta de tratamiento es más económica si solo se encarga de tratar aguas de un solo tipo. ✓ los volúmenes de aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de aguas residuales de 50 a 200 veces más. ✓ El reúso de aguas pluviales puede ser directa. ✓ Mayores posibilidades de reúso de sus aguas ✓ El costo del sistema unitario es más costoso.

Mejor Alternativa de Diseño para el Sistema de Drenaje por Precipitaciones para la Zona Urbana de la Ciudad de Caraz.

Después de la evaluación y análisis de los diferentes sistemas de alcantarillado para la evacuación de aguas provenientes de las precipitaciones se llegó a la **conclusión de elegir el sistema de alcantarillado unitario o por separado, como la mejor opción para la zona urbana de la ciudad de Caraz.**

Puesto que su importancia se manifiesta especialmente en zonas con altas precipitaciones y superficies poco permeables como en la ciudad de Caraz. Es también importante destacar que la metodología empleada para el diseño de nuevos sistemas de alcantarillado está cambiando, puesto que en cierto momento se recomendaron los sistemas de alcantarillado combinado, es decir, aquellos que desalojan aguas residuales y pluviales; sin embargo, ay muchos antecedentes que estos sistemas colapsaron, por lo cual la tendencia actual es construir sistemas de alcantarillado separados. Lo anterior obedece a la urgente necesidad de cuidar el ambiente, pues, aunque un sistema de alcantarillado combinado es más económico de construir, operar y mantener; actualmente resulta de mayor importancia dar tratamiento a las aguas residuales e industriales a fin de evitar la contaminación de ríos, lagos y mares. El uso de sistemas de alcantarillado por separado tiene ventajas tales como el tratamiento de menores volúmenes de aguas residuales, así como el posible re uso o aprovechamiento de las aguas pluviales. De esta forma, se invierte en la construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales de menor tamaño, pues los volúmenes de las aguas pluviales son muy superiores a los correspondientes de las aguas residuales domesticas e industriales. Cabe destacar que un diseño eficiente y económico de una red de alcantarillado pluvial solo se logra mediante un análisis comparativo de una serie de opciones, por lo que el proyectista debe apoyarse en su juicio y experiencia, así como en las condiciones locales y de operación para determinar la opción más adecuada.

DISEÑO DEL SISTEMA DE DRENAJE POR PRECIPITACIONES PARA LA ZONA URBANA DE LA CIUDAD DE CARAZ:

Para la elaboración, del diseño del sistema de drenaje por precipitaciones para la zona urbana de la ciudad de Caraz; Se basaron íntegramente en los criterios generales de diseño, establecidas en su norma técnica peruana NTP O.S-0.60 de Drenaje Pluvial Urbano, que comprende en la recolección, transporte y evacuación a un cuerpo receptor de las aguas pluviales que se precipitan sobre un área urbana.

Bases y Normas Legales:

El proyecto de drenaje pluvial de la zona urbana de la ciudad de Caraz, se regirán con sujeción a las siguientes disposiciones legales y reglamentadas siguientes:

- ✓ Normas técnicas peruanas NTP
- ✓ Norma S100 de infraestructura sanitaria para poblaciones urbanas
- ✓ Norma S200 de instalaciones sanitarias para edificaciones R.M.293-91-VC-9600
- ✓ Código del medio ambiente y Recursos Naturales D.L-613
- ✓ Código Sanitario del Perú D.L 17505
- ✓ Ley de recursos hídricos, ley N°29338 – Autoridad Nacional del Agua(ANA)

Datos a Considerar en el Diseño del Proyecto:

Para desarrollar el proyecto se tomaron en cuenta los principales datos de diseño para un sistema de drenaje pluvial.

- Tipo de desarrollo: urbano
- Población del proyecto
- Topografía de la zona
- Perfiles longitudinales
- Cuadros de Áreas tributarias
- Máxima precipitación
- Probabilidad de ocurrencia
- Coeficientes de escorrentía ponderado
- Coeficiente de rugosidad
- Tipo de drenaje pluvial tubería

CAUDAL DE DISEÑO

Para determinar los caudales de diseño para el sistema de drenaje se aplica el método Racional, sugerido por la Norma OS. 060 (2006). Se cumplen la condición que el área De drenaje sea menor a 13 Km.

La fórmula tiene la siguiente expresión

$$Q = \frac{C.i.A}{360}$$

C, es el coeficiente adimensional de escorrentía superficial
i, es la intensidad de lluvia de diseño (mm/h)
A, es el área de drenaje (Ha)

A continuación, determinamos cada uno de los valores sugeridos

Coeficiente de Escorrentía Ponderado

Para el presente análisis se utilizará el coeficiente de escorrentía ponderado en lugar de utilizar diferentes valores de C para cada tipo de cobertura superficial.
Los porcentajes de áreas se obtuvieron, por medio del software AutoCAD Civil 3D.
Ver Apéndice N°

Tabla 20. Determinación del coeficiente de escorrentía ponderado

Determinación del valor de Cp para la zona urbana - ciudad de Caraz				
Tipo de Terreno	Coeficiente De Escorrentía C	%	a (m2)	C x a
techos y Azoteas	0.90	48.70%	435705.78	392135.20
Superficies Asfaltadas	0.90	0.15%	1342.00	1207.89
Superficies Pavimentadas con Adoquines	0.80	0.05%	447.34	357.87
Superficies Pavimentadas con Concreto	0.90	32.00%	286295.38	257665.84
Zonas Verdes (cubierta de pasto < 50% del área)	0.44	15.30%	136884.98	60229.39
Zonas Verdes (cubierta de pasto 50% - 75% del área)	0.40	3.80%	33997.58	13599.03
	Total:	100.00%	894673.05	725195.13
	Cp		0.81	

Intensidad de lluvia de Diseño

La intensidad de lluvia se determinó con las ecuaciones pluviométricas calculadas para Diversos períodos de retorno. Para los cálculos se toman en cuenta los datos de la Curva IDF- Periodo de retorno 25 años.

Para determinar la intensidad de lluvia máxima, se debe de tener un dato muy importante para el diseño de drenaje pluvial, que vendría a ser las precipitaciones máximas por año el cual se detalla a continuación.

Cálculo de la Precipitación Máxima:

La máxima precipitación, viene a ser el espesor de la lámina de agua caída por una unidad de tiempo, en una cierta zona. es medida en mm/ al año, mm/mes, mm/ día, mm/hora. Y que es uno de los más importantes datos para el diseño de drenaje pluvial. Para determinar la máxima precipitación se investigó y recopiló los datos de una estación meteorológica privada de fundo San Pedro de la CORPORACIÓN ROOTSPERU S.A. con un periodo de antigüedad de 25 años atrás. A continuación, se muestra el resumen de los datos anuales de precipitaciones máximas en 24 horas.

Tabla 21. Precipitaciones Máximas en 24 horas, EM-San Pedro-Caraz:

Precipitaciones Máximas en 24 Horas EM-San Pedro Caraz Periodo 2004-2018		
Latitud:	- 9.031335°	
Longitud:	- 77.837932°	
Altura:	2 200.00 m.s.n.m	
Orden	Año	Precipitación (mm)
1	1994	26.3
2	1995	17.7
3	1996	18.7
4	1997	17.4
5	1998	18.9
6	1999	26.2
7	2000	21.0
8	2001	31.5
9	2002	24.5
10	2003	32.2
11	2004	15.9
12	2005	18.9
13	2006	23.8
14	2007	21.7
15	2008	35.2
16	2009	26.4
17	2010	15.8
18	2011	24.7
19	2012	32.8
20	2013	16.0
21	2014	22.3
22	2015	24.4
23	2016	20.1
24	2017	21.2
25	2018	14.5

Fuente: Adaptado de la EM- San Pedro-Caraz

Cálculo de Áreas Tributarias:

Cada boca de tormenta deberá captar cierta cantidad de agua para transportarlas a las tuberías de conexión. Para determinar este valor, del plano general se tomaron las cotas del terreno a manera de ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer. Luego se hizo un cálculo de las áreas que cada canal debía de recolectar, éstas son las áreas tributarias. Al inicio de un tramo, del primer pozo al segundo, no se toma en cuenta ningún área tributaria. A partir del segundo tramo, se toma en consideración su área tributaria más las áreas tributarias de los tramos anteriores.

Para la determinación de las áreas de drenaje debe tenerse en cuenta la configuración topográfica del terreno y el trazado posible de la red de recolección. El área tributaria de cada tramo de la red corresponde al trazado de las diagonales o bisectrices sobre las manzanas de la población (Báez Noguera, 2004, citado en, Guarderas, 2013).

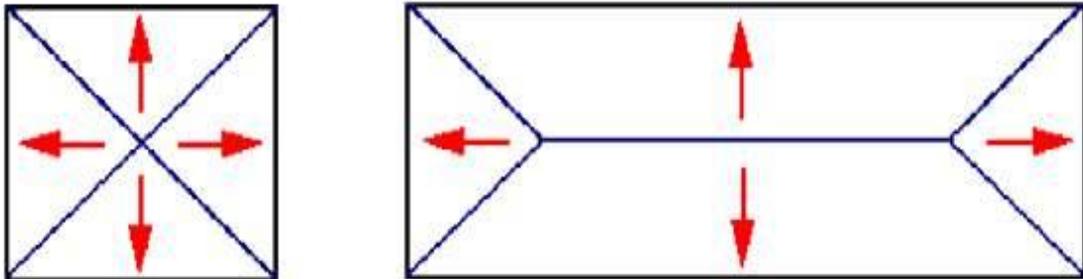


Figura 34. Distribución de áreas de Aporte
Fuente: Báez Noguera, 2004

Para delimitar las cuencas de drenaje se hizo uso del programa AutoCAD Civil3D y su herramienta waterdrop que permite ver la dirección que toma el agua de lluvia al caer a la superficie.

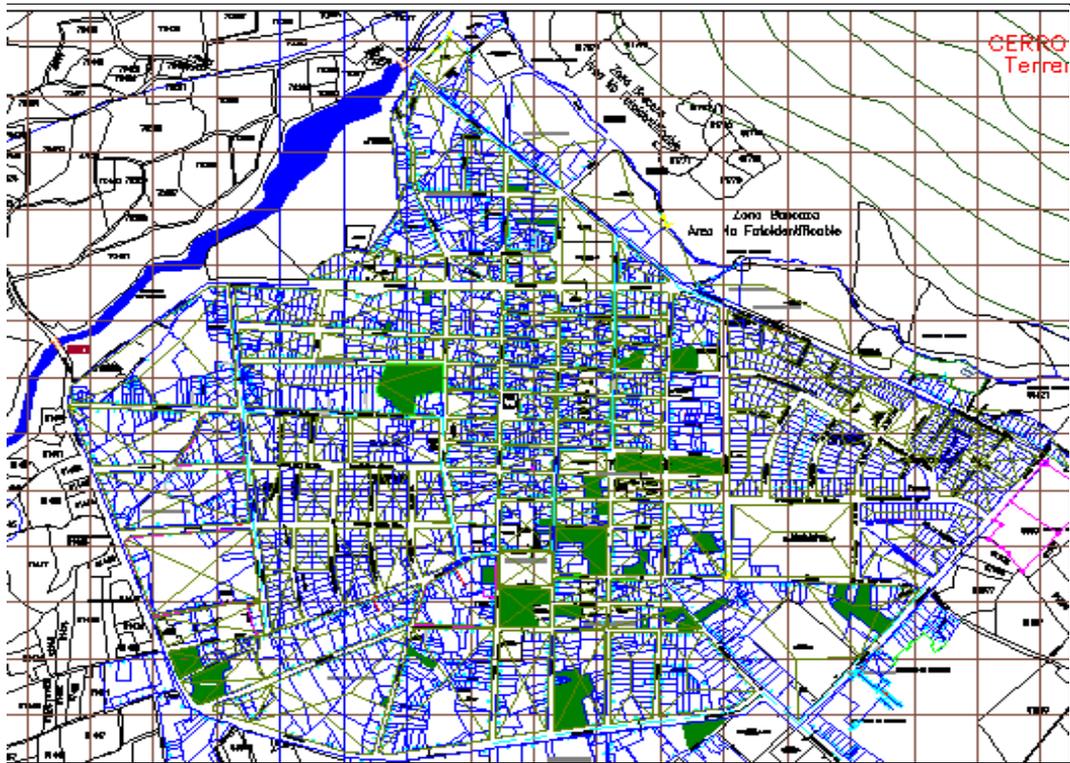


Figura 35. Áreas de drenaje de la cuenca de la zona urbana de la ciudad de Caraz.

Tabla 22. Áreas tributarias de Evacuación:

TABLA DE AREAS TRIBUTARIAS		
ID DE TRIBUTARIA	ÁREA (m ²)	AREA (ha)
Jr. San Martin		
tramo 0-1	8920.61	0.892061
tramo 1-2	20768.47	2.076847
tramo 2-3	17535.49	1.753549
tramo 3-4	13149.05	1.314905
tramo 4-5	11810.52	1.181052
tramo 5-6	5354.75	0.535475
tramo 6-7	25838.28	2.583828
Jr. Sucre		
tramo 0-1	2162.40	0.216240
tramo 1-2	11518.78	1.151878
tramo 2-3	15441.41	1.544141
tramo 3-4	7453.22	0.745322
tramo 4-5	14720.09	1.472009
tramo 5-6	5898.63	0.589863
tramo 6-7	20967.60	2.096760

Jr. Grau		
tramo 0-1	11341.80	1.134180
tramo 1-2	5114.10	0.511410
tramo 2-3	15462.19	1.546219
tramo 3-4	7156.16	0.715616
tramo 4-5	18709.83	1.870983
tramo 5-6	8572.55	0.857255
tramo 6-7	12460.39	1.246039
Jr. Bolognesi		
tramo 0-1	7908.66	0.790866
tramo 1-2	16165.02	1.616502
tramo 2-3	4686.04	0.468604
tramo 3-4	20025.45	2.002545
Jr. Luzuriaga		
tramo 4-5	7534.36	0.753436
tramo 5-6	17244.06	1.724406
Av. Mariscal Cáceres		
tramo 0-1	5090.51	0.509051
tramo 1-2	9029.74	0.902974
tramo 2-3	7523.35	0.752335
tramo 3-4	1868.18	0.186818
Jr. Raymondi		
tramo 4-5	24338.89	2.433889
Jr. Los Cipreses		
tramo 1-2	21114.28	2.111428
Jr. Los Sauces		
tramo 1-2	12426.17	1.242617
Jr. Los Pinos		
tramo 1-2	12208.06	1.220806
Prolong. Alfonso Ugarte		
tramo 1-2	31440.41	3.144041
Av. 9 de Octubre		
tramo 0-1	15240.00	1.524000
tramo 1-2	9856.13	0.985613
tramo 2-3	17672.83	1.767283
Jr. Sáenz Peña		
tramo 0-1	2378.24	0.237824
tramo 1-2	13413.05	1.341305
tramo 2-3	12763.60	1.276360
Jr. Córdova		
tramo 3-4	27882.33	2.788233
tramo 4-5	14820.19	1.482019
tramo 5-6	17889.05	1.788905
Jr. Mariscal Cáceres		
tramo 1-2	6827.82	0.682782
Jr. Santa Rita		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	16223.51	1.622351
Jr. San Francisco		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	15791.23	1.579123
Jr. Señora de la Asunción		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	18475.66	1.8475.66
Jr. Santa Isabel		
Alcantarilla2-Av. Daniel V.	18668.27	1.866827

Av. Noé Bazán Peralta		
tramo 0-1	2128.92	0.212892
tramo 1-2	8718.00	0.871800
tramo 2-3	11268.22	1.126822
Carretera Central		
tramo 0-1	22115.14	2.211514
tramo 1-2	12283.12	1.228312
tramo 2-3	9078.58	0.907858
tramo 3-4	14821.14	1.482114
tramo 4-5	6215.46	0.621546
tramo 5-6	18968.97	1.896897
tramo 6-7	6736.71	0.673671
tramo 7-8	5625.11	0.562511
tramo 8-9	7225.48	0.722548
Av. La Merced		
tramo 1-2	20697.50	2.069750
tramo 2-3	12060.27	1.206027
tramo 3-4	13614.26	1.361426
Av. Daniel Villar		
tramo 1-2	16223.51	1.622351
tramo 2-3	15791.23	1.579123
tramo 3-4	18475.66	1.847566
tramo 4-5	18668.27	1.866827
tramo 5-6	6119.61	0.611961

SUMIDEROS

Tipo de Sumidero

Esta investigación propone en su desarrollo el sumidero de rejilla, el cual es transversal a la calzada y a todo lo ancho, cubierta con rejillas, tipo S2 conectado a la tubería, el ancho propuesto es de 0.70 mts., Por la profundidad igual al diámetro de la tubería más 1.00 mts de relleno a la superficie de la vía, dado que su configuración guarda relación con lo planteado por la OS. 060 y oferta del mercado peruano.

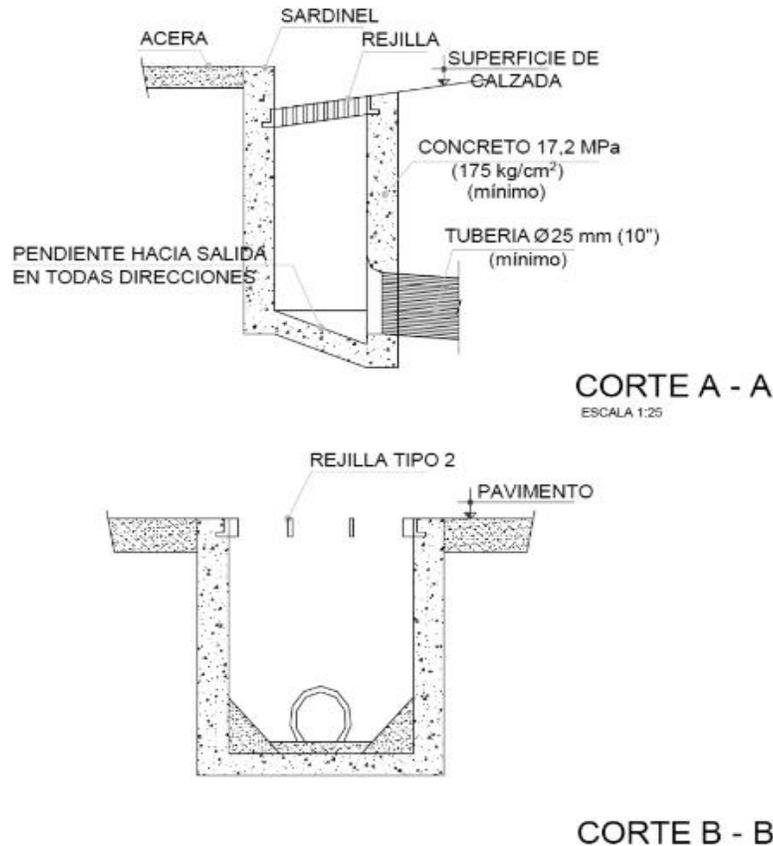


Figura 36. Sumidero Tipo S2 Conectado a la Tubería
 Fuente: Norma OS: 060 (2006)

Ubicación de los Sumideros

Norma OS.060 (2006), precisa que la ubicación de los sumideros dependerá del caudal, pendiente, la ubicación y geometría de enlaces e intersecciones, ancho de flujo permisible del sumidero, volumen de residuos sólidos, acceso vehicular y de peatones. En general los sumideros deben ponerse en los puntos bajos. Su ubicación normal es en las esquinas de cruce de calles, con el fin de no entorpecer el tráfico de las mismas, deben empezar retrasadas con respecto a las alineaciones de las fachadas.

Por razones de economía se recomienda ubicar los sumideros en la cercanía de alcantarillas y conductos de desagüe del sistema de drenaje pluvial.

REJILLAS

Tipo de Rejillas

Esta investigación propone emplear la rejilla horizontal a la vía con 6 nervaduras longitudinales, de 3" x 1/2", con un bloque colocado al lado de la pista para abrir las rejillas con lo planteado por la OS. 060.

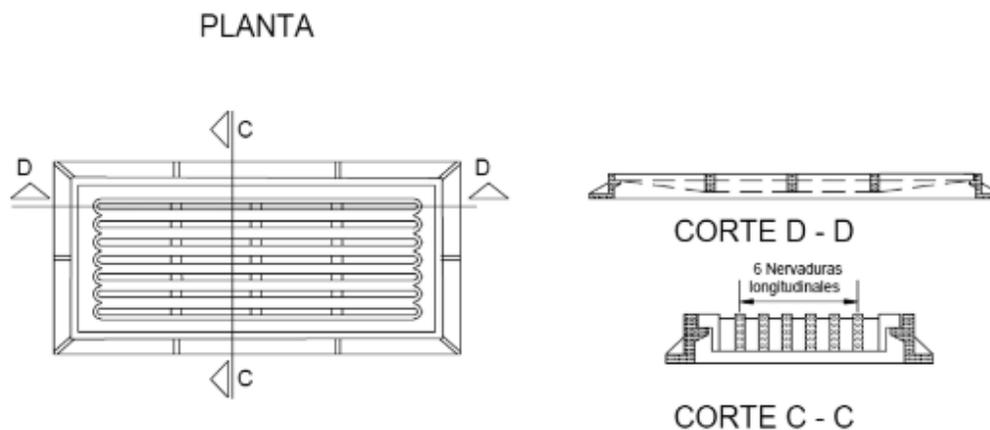


Figura 37. Rejilla Horizontal a la Vía
Fuente: Báez Noguera, 2004

COLECTORES

Después del escurrimiento superficial será trasladado hacia la descarga por tuberías.

Los colectores seguirán en general las pendientes del terreno natural con el fin de no generar excesiva excavación y durante el diseño se verificará que se cumplan los criterios hidráulicos.

TUBERÍAS

El artículo f.4 Selección del tipo de tubería, señala que para la elección de la tubería se seguirán las consideraciones de las NTP vigentes. (Norma OS.060, 2006 actualizado 2018). Es así que, a la fecha, se encuentra vigente la NTP 399.162 “TUBOS Y CONEXIONES TERMOPLÁSTICOS CON SUPERFICIE EXTERIOR PERFILADA E INTERIOR LISA” La Normalización establece las características dimensionales y de resistencia para satisfacer diversas exigencias de uso práctico.

Tabla 23. Características Técnicas Tubería NTP 399.162

PROPIEDADES	FISICAS
Peso específico	1,41 gr/cm ³
Coefficiente de rugosidad	N = 0,009
Módulo de elasticidad	30 000 kg/cm ²
Coefficiente de dilatación lineal	8 X 10 ⁻⁶ °C ⁻¹
Resistencia a la tracción	500 – 560 kg/cm ²
Alargamiento a la rotura	100% - 160%
Resistencia a la flexión	>>800 kg/cm ²
Punto de reblandamiento VICAT	>83°C
Tensión de trabajo	100 kg/cm ²
Absorción de agua	<1 kg/cm ²
Resistencia al choque CHARPY	6 – 7 kg-cm/cm ²
Resistencia de aislamiento 20°C	>10 16 ohm X cm
Rigidez dieléctrica sobre placa 2mm	25 kv/mm
Coefficiente de conductividad térmica a 20°C	3,65 X 10 Cal/s cm °c

Fuente: Adaptado de NTP 399.162: Tubos y Conexiones Termoplásticos con Superficie Exterior Perfilada e Interior Lisa.

Tabla 24. Detalle de clasificación de tubos según NTP 399.162

TUBOS Y CONEXIONES TERMOPLÁSTICOS CON SUPERFICIE EXTERIOR PERFILADA E INTERIOR LISA NTP 399.162:2005							
SERIE DEL TUBO	1	2	3	4	5	6	7
RIGIDEZ ANULAR MÍNIMA (kN/m² "MÉTODO DE ENSAYO ISO 9969")	0,25	0,5	1	2	4	8	16
RIGIDEZ ANULAR MÍNIMA (kN/m² "MÉTODO DE ENSAYO DIN 16961")	2	4	8	16	31,5	63	125

Fuente: Catálogo Koplast, 2015.

Revisando los catálogos de la industria peruana en tuberías, se decide emplear TUBO PERFILADO DE PVC- RIB LOC NICOLL, que cumple los requerimientos de la NTP399.162.

En cuanto al caudal transportado, se cumple con el criterio recomendado por la Norma OS.060 (2006-2018), que establece que los colectores deben estar en la capacidad de trasladar un caudal a tubo lleno igual o mayor al caudal de diseño.

La velocidad máxima real se considera de 6.0 m/s, según la Norma OS.060, mientras que la velocidad mínima real debe ser de 0.90 m/s, para minimizar los problemas de Sedimentación para lo cual se verificó el comportamiento de auto limpieza del flujo cumpliendo el criterio de fuerza tractiva $T \geq 0.15 \text{ Kg/m}^2$, Se respeta un recubrimiento mínimo de 1.0 m sobre el lomo de la tubería.

Tubería tipo Rib-Loc

Para el caso de la tubería Rib-Loc, se controla el diámetro interno en lugar del externo, y el espesor de la pared del tubo depende únicamente del tipo de perfil utilizado en su Fabricación, según se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 25. Especificaciones de tubería Rib-Loc

ESPECIFICACIONES TUBERIA TIPO RIB - LOC				
DIAMETRO PRESION PROMEDIO DE INTERNO (mm) TRABAJO KPA	TIPO DE PERFIL	ESPESOR MINIMO DE PARED (mm)	PESO TOTAL DEL TUBO Kg /m	
300	8T	1.10	3.82	55
350	8T	1.10	4.45	47
400	8T	1.10	5.09	41
450	8T	1.10	5.73	37
500	8T	1.10	6.36	33
550	8T	1.10	7.00	30
600	5T	1.85	12.52	49
650	5T	1.85	13.56	43
700	5T	1.85	14.61	40
750	5T	1.85	15.65	37
800	5T	1.85	16.69	35
850	5T	1.85	17.74	33
900	5T	1.85	18.78	31
950	5T	1.85	19.82	29
1000	5T	1.85	20.87	28
1050	5T	1.85	21.91	26
1100	6T	2.75	35.42	37
1150	6T	2.75	37.03	36
1200	6T	2.75	38.64	34
1250	6T	2.75	40.25	33
1300	6T	2.75	41.86	32
1350	6T	2.75	43.47	31
1400	6T	2.75	45.08	29
1450	6T	2.75	46.69	28
1500	6T	2.75	48.30	27

Fuente: Nicoll Perú, 2017.

Durman (2017), precisa algunas notas importantes:

- La tubería Rib-Loc se fabrica normalmente en tramos de 6 metros de longitud, y en los diámetros que aparecen en la tabla anterior, sin embargo, es posible variar dichas dimensiones de acuerdo con los requerimientos del cliente.
- El espesor equivalente de pared es aquel que produciría el mismo valor de rigidez en un tubo de PVC sólido
- Los perfiles de fabricación del tubo Rib-Loc presentan en su superficie externa nervaduras en forma de "T", las cuales sirven para aumentar la rigidez circunferencial al elevar su momento de inercia.

Tabla 26. Magnitudes físicas y propiedades mecánicas de la tubería tipo Rib-Loc

DIAMETRO PROMEDIO INTERNO (mm) (KPA)	TIPO DE PERFIL	ESPESOR MINIMO DE PARED (mm)	PESO TOTAL DEL TUBO Kg /m	PRESION DE TRABAJO
75	76.2	0.000975	1.95	617
100	101.2	0.000975	1.95	267
150	151.2	0.000975	1.95	81
200	201.57	0.0126	4.44	78
250	251.57	0.0023	4.44	40
300	302.4	0.0023	31.33	161
350	352.4	0.0023	31.33	103
400	402.4	0.0023	31.33	69
450	452.4	0.0023	31.33	49
500	502.4	0.0023	31.33	36
550	552.4	0.003814	146	27
600	603.86	0.003814	146	94
650	653.86	0.003814	146	75
700	703.86	0.003814	146	60
750	753.86	0.003814	146	49
800	803.86	0.003814	146	40
850	853.86	0.003814	146	34
900	903.86	0.003814	146	29
950	953.86	0.003814	146	24
1000	1003.86	0.00618	428.36	21
1050	1056.4	0.00618	428.36	52
1100	1106.47	0.00618	428.36	45.4
1150	1156.4	0.00618	428.36	39.8
1200	1206.4	0.00618	428.36	35.1
1250	1256.4	0.00618	428.36	31.1
1300	1306.4	0.00618	428.36	27.7
1350	1356.4	0.00618	428.36	24.8
1400	1406.4	0.00618	428.36	22.2
1450	1456.4	0.00618	428.36	20.0
1500	1506.4	0.00901	1055.33	18.1
1550	1559.66	0.00901	1055.33	40
1600	1609.66	0.00901	1055.33	37
1650	1659.66	0.00901	1055.33	33
1700	1709.66	0.00901	1055.33	31
1750	1759.66	0.00901	1055.33	28
1800	1809.66	0.00901	1055.33	26
1850	1859.66	0.00901	1055.33	24
1900	1909.66	0.00901	1055.33	22
1950	1959.66	0.00901	1055.33	20
2000	2009.66	0.00901	1055.33	19

Fuente: Nicoll Perú, 2017

La tubería Rib-Loc cumple rigurosamente con las normas de calidad enunciadas al principio de este capítulo, en cuanto a fabricación y pruebas de producto terminado.

ANCHO DE ZANJAS

El ancho de las zanjas dependerá del tamaño de los tubos, profundidad de la zanja, taludes de las paredes laterales, naturaleza del terreno y consiguiente necesidad o no de entibación. Para la tubería que se empleó en el proyecto, se siguieron las recomendaciones del fabricante Nicoll Perú que presenta valores de ancho recomendables en función a la estabilidad de zanja y diámetro de la tubería.

$$B1 = D_{\text{tubo}} + 0.40\text{m} \text{ (zanja estable)}$$

$$B2 = 2 \times D_{\text{tubo}} \text{ (zanja inestable)}$$

Dónde:

B : Ancho de zanja (m)

D_{tubo} : Diámetro del tubo (m).

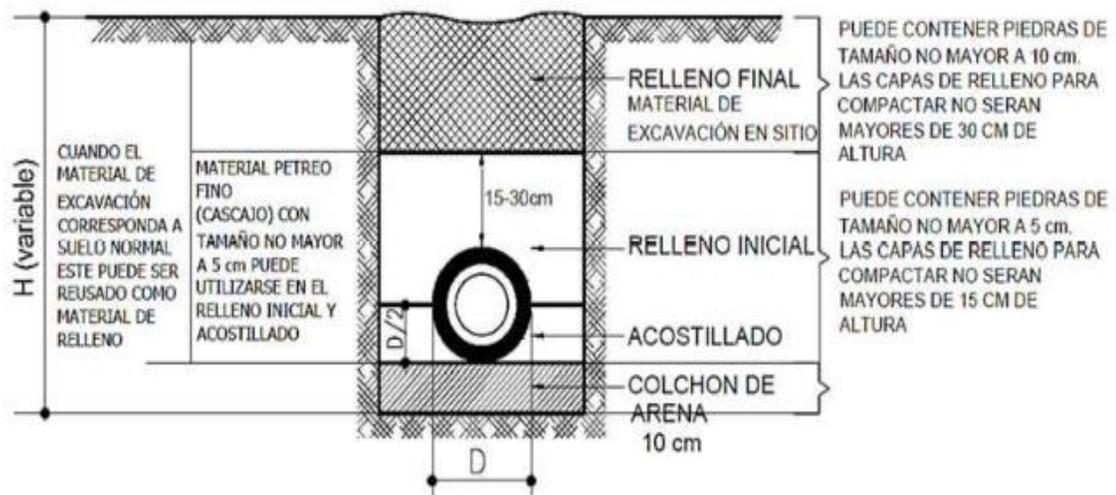


Figura 38. Sección típica de excavación y relleno de zanja

Fuente: Guarderas, 2013

Altura de relleno

Conforme señala la norma OS.060, la altura del recubrimiento medida a partir de la clave de la tubería será: 1 m. Además ello queda refrendado con lo provisto en el catálogo Nicoll- Rib Loc, como muestra la Tabla 27.

Tabla 27. Profundidades mínimas de recubrimiento sobre la corona del tubo Rib-Loc

LINEA DE PRODUCTOS					
Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Inferior (mm)	Longitud (m)	Rend. (M/día)	Relleno Mínimo (m)	Relleno Máximo (m)
200	200	6.00	320	0.35	10.50
250	250	6.00	300	0.40	8.00
300	300	6.00	275	0.35	11.50
350	350	6.00	250	0.35	10.00
400	400	6.00	225	0.40	8.50
450	450	6.00	215	0.45	7.50
500	500	6.00	200	0.50	7.00
550	550	6.00	185	0.40	8.50
600	600	6.00	170	0.45	8.00
650	650	6.00	160	0.45	7.50
700	700	6.00	150	0.50	7.00
750	750	6.00	140	0.45	8.00
800	800	6.00	130	0.45	7.50
850	850	6.00	125	0.50	7.00
900	900	3.00	120	0.50	6.50
950	950	3.00	110	0.55	6.00
1000	1000	3.00	100	0.55	6.00

Fuente: Nicoll Perú, 2017. Nota: La imagen muestra un recorte de datos.

Ubicación de registros

Diámetro mínimo será igual a 1.20 m, en la superficie tendrá una tapa de 0.60 m de diámetro con orificios de ventilación. (Norma OS.060, 2006) Ubicados en:

- a) Cambio de dirección
- b) Cambio de pendiente
- c) Cambio de diámetro
- d) En la convergencia de más de dos colectores

Tabla 28. Espaciamiento de registros en colectores

Diámetro de la tubería	Espaciamiento
Mayor o igual a 1.20 m	200 – 350 m.
Menor a 1.20 m	100 – 200 m.
En el caso de conductos pequeños, cuando no sea posible lograr velocidad de auto limpieza	100 m.

Fuente: Adaptación de la Norma OS. 060 (2006)

RESULTADO

Tabla 29. Resultados del Jr. San Martin

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. San Martín Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	0.892061	0.2099	23	1.81
1-2	2.076847	0.6985	21	3.58
2-3	1.753549	1.1111	23	4.26
3-4	1.314905	1.4205	26	4.43
4-5	1.181052	1.6984	28	4.59
5-6	0.535475	1.8244	28	4.74
6-7	2.583828	2.4323	32	4.96

Tabla 30. Resultados del Jr. Sucre

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Sucre Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	0.21624	0.0509	7	1.96
1-2	1.151878	0.3219	14	3.09
2-3	1.544141	0.6852	19	3.82
3-4	0.745322	0.8606	22	3.79
4-5	1.472009	1.2069	26	4.07
5-6	0.589863	1.3457	25	4.37
6-7	2.09676	1.8390	31	4.44

Tabla 31. Resultados del Jr. Grau

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Grau Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	1.13418	0.2669	14	2.85
1-2	0.51141	0.3872	15	3.27
2-3	1.546219	0.7510	19	3.87
3-4	0.715616	0.9193	23	3.84
4-5	1.870983	1.3596	26	4.30
5-6	0.857255	1.5613	29	4.32
6-7	1.246039	1.8544	31	4.44

Tabla 32. Resultados del Jr. Bolognesi

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Bolognesi		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	0.790866	0.1861	12	2.63
1-2	1.616502	0.5664	17	3.72
2-3	0.468604	0.6767	18	3.89
3-4	2.002545	1.1478	25	4.10

Tabla 33. Resultados del Jr. Luzuriaga

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Luzuriaga		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
4-5	0.753436	1.3251	29	3.97
5-6	1.724406	1.7308	32	4.23

Tabla 34. Resultados de la Av. Mariscal Cáceres

Tramo	Área drenar (ha)	Av. Mariscal Cáceres		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	0.509051	0.1198	9	2.58
1-2	0.902974	0.3322	13	3.31
2-3	0.752335	0.3092	14	3.04
3-4	0.186818	0.3532	15	3.09

Tabla 35. Resultados del Jr. Raymondi

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Raymondi		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
4-5	2.433889	1.1144	31	3.48

Tabla 36. Resultados del Jr. Los Cipreses

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. los Cipreses Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	2.111428	0.4968	19	3.20

Tabla 37. Resultados del Jr. Los Sauces

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. los Sauces Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	1.242617	0.2924	14	2.96

Tabla 38. Resultados del Jr. Los Pinos

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. los Pinos Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	1.220806	0.2872	15	2.81

Tabla 39. Resultados de Pasaje H

Tramo	Área drenar (ha)	Pasaje H Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	0.679329	0.1598	12	2.51

Tabla 40. Resultados de Prolongación Alfonso Ugarte

Tramo	Área drenar (ha)	Prolongación Alfonso Ugarte Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	0.679329	0.1598	28	2.98

Tabla 41. Resultados de la Av. 9 de octubre

Tramo	Área drenar (ha)	Av. 9 de Octubre Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	1.524000	0.3586	13	3.53
1-2	0.985613	0.5905	22	3.16
2-3	1.767283	1.0063	30	3.36

Tabla 42. Resultados del Jr. Sáenz Peña

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Sáenz Peña Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	0.237824	0.0560	9	1.74
1-2	1.341305	0.3715	18	2.82
2-3	1.27636	0.6718	20	3.64

Tabla 43. Resultados del Jr. Córdoba

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Córdoba Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
3-4	2.788233	1.3279	24	4.44
4-5	1.482019	1.6766	27	4.64
5-6	1.788905	2.0975	29	4.93

Tabla 44. Resultados del Jr. Mariscal Cáceres

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Mariscal Cáceres Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1-2	0.682782	2.2581	34	4.62

Tabla 45. Resultados del Jr. Santa Rita

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Santa Rita Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
1 D.V	1.622351	0.3817	15	3.27

Tabla 46. Resultados del Jr. San Francisco

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. San Francisco Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
2 D.V	1.579123	0.3715	15	3.19

Tabla 47. Resultados del Jr. Señora de la Asunción

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Señora de la Asunción Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
3 D.V	1.847566	0.4347	17	3.24

Tabla 48. Resultados del Jr. Santa Isabel

Tramo	Área drenar (ha)	Jr. Santa Isabel Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
4 D.V	1.866827	0.4392	17	3.21

Tabla 49. Resultados de la Av. Noé Bazán Peralta

Tramo	Área drenar (ha)	Av. Noé Bazán Peralta Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
3-4	0.212892	0.0501	8	1.81
4-5	0.8718	0.2552	15	2.63
5-6	1.126822	0.5203	19	3.31

Tabla 50. Resultados de la Carretera Centra

Tramo	Área drenar (ha)	Carretera Central		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (pulg.)	Velocidad (m/seg)
0-1	2.211514	0.5203	22	2.98
1-2	1.228312	0.8093	26	3.35
2-3	0.907858	1.0229	26	3.68
3-4	1.482114	1.3716	31	3.82
4-5	0.621546	0.1462	18	1.83
5-6	1.896897	0.5925	29	2.66
6-7	0.673671	0.1585	24	1.54
7-8	0.562511	0.3024	26	2.02
8-9	0.722548	0.1700	20	1.79

Tabla 51. Resultados de la Av. La Merced

Tramo	Área drenar (ha)	Av. La Merced		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/seg)
1-2	2.06975	0.4870	20	3.05
2-3	1.206027	0.7707	23	3.49
3-4	1.361426	1.0911	25	3.99

Tabla 52. Resultados de la Av. Daniel Villar

Tramo	Área drenar (ha)	Av. Daniel Villar		
		Q de diseño (m3/seg)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/seg)
1-2	1.522351	0.3582	27	2.15
2-3	1.479123	0.7062	28	2.98
3-4	1.647566	1.0938	30	3.51
4-5	1.566827	1.4625	31	3.95
5-6	0.511961	1.5829	32	4.07

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN:

Los sistemas de drenaje pluvial principalmente debe proteger las vidas humanas, además de las infraestructuras urbanas, el entorno natural y mantener la movilidad vehicular y peatonal (Ávila, 2012), es así que, toda habilitación y edificación urbana deberá contar con un proyecto de drenaje pluvial urbano (Norma OS.060, 2006); particularmente, en la ciudad de Caraz se carece de un sistema de alcantarillado pluvial adecuado que cumpla con los requerimientos técnicos para su óptimo funcionamiento; lo cual fue verificado cualitativamente en las épocas lluviosas.

La propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz, muestra aportes en la inserción de criterios de riesgos al colapso, por lo cual se empleó sumideros tipo S2 conectado a la tubería.

Se calcularon 80 sumideros obligatorios a colocar dentro de la zona urbana de la ciudad de Caraz, en la actualidad se cuentan con 42 sumideros los cuales coinciden con la distribución realizada en puntos estratégicos, estos 38 sumideros adicionales mejoraran la captación de las aguas de lluvia, mejorando la eficiencia del sistema.

La propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz, con respecto al uso de sumideros horizontales del tipo S2 comprobó su eficiencia en todos los tramos, ya que la velocidad del caudal de evacuación del sumidero es el doble de la velocidad del caudal de ingreso en el sumidero, el cual nos garantiza evitar el colapso del mismo. Estos resultados son semejantes a lo hallado por Gómez (1999).

Concerniente a los criterios de riesgo al colapso, para los principales jirones como son el Jr San Martín, Jr. Sucre, Jr. Grau, los cuales atraviesan toda la ciudad y cuentan con las pendientes más altas entre 6.5 % y 9.1 % se llegó a tener velocidades máximas de 8.92 m/seg. En tuberías de evacuación y 4.96. m/seg. En ingreso a sumideros. Se precisa que el criterio a utilizar se basó en el trabajo con la pendiente natural del terreno.

Cuando se realizó la propuesta de diseño del sistema de drenaje por precipitaciones en la zona urbana de la ciudad de Caraz, teniendo en cuenta el objetivo general y problema planteado se observa que en base a la Norma Peruana OS.060, complementada con aportes internacionales hallados en la revisión de la literatura, se demostró la resolución a los problemas de inundación e intransitabilidad peatonal y vehicular existentes en las principales calles de la zona urbana de la ciudad de Caraz, realizando un proceso de reingeniería que implica el incremento de estructuras de captación (sumideros) y el cambio de estructuras de conducción Tubo Perfilado tipo PVC-RIB LOC NICOLL con un diámetro mínimo de 8" (203 mm) y un diámetro máximo de 34" (864 mm) cumpliendo los requerimientos de la NTP 399.162(2005).

CONCLUSIONES:

- En base al diagnóstico de la situación actual del estado y del funcionamiento del sistema de drenaje pluvial actual de la ciudad de Caraz, se llegó a contabilizar que cuentan con 42 sumideros dentro de la zona urbana, de los cuales 25 sumideros (59.52%) colapsan en temporada de lluvia; 13 sumideros (30.95%) se encuentran colmatadas; 3 sumideros (7.14%) tiene colapso por aguas residuales; y un sumidero (2.39%) se encuentra obstruido. Por lo cual se determinó que éste es deficiente, ya que cuando ocurren precipitaciones este sistema de drenaje pluvial colapsa, las calles se inundan y es imposible el tránsito seguro por dichas vías.
- De acuerdo con la máxima precipitación histórica en la ciudad de Caraz se llegó a determinar con la ayuda de los datos proporcionados por la estación meteorológica san Pedro-Caraz, que la máxima precipitación histórica diaria se realizó el 29 de octubre del 2008 con una precipitación de 35.2 mm al día y la máxima precipitación histórica anual se realizó en el 2009 con una precipitación acumulada de 622.50 mm al año. Con la información anteriormente recolectada, fueron utilizadas para determinar la máxima intensidad de lluvia de diseño que resulto 104.57 mm/hr. Con un periodo de retorno de 25 años, haciendo uso del software Hidroesta2; El cual fue utilizado en el método racional para determinar el caudal de diseño para cada tramo de la zona urbana de la ciudad de Caraz.
- En el levantamiento topográfico de la zona urbana de ciudad de Caraz se llegaron a determinar 253 puntos topográficos, estableciendo 4 puntos de control horizontal y vertical (BMs) el cual se encuentran dentro del área del proyecto, el método utilizado fue el de deflexiones, delimitando el perímetro de la zona en estudio con 15 puntos de cambio para determinar el área del proyecto, llegándose a determinar un área total de 1 266,642.545 M2 y un perímetro de 4,734.807 ML.
- La evaluación de la mejor alternativa para el sistema de drenaje por precipitaciones para la zona urbana de la ciudad de Caraz, se limitó a dos alternativas:
 - a.- sistema alcantarillado combinado
 - b.- sistema de alcantarillado unitario

Después de Realizarse la evaluación y análisis de la zona del proyecto, tomando en cuenta las altas precipitaciones, la disposición longitudinal de sus calles, crecimiento radial en las áreas adyacentes sin una jerarquización adecuada, y antecedentes por colapso de aguas servidas, se llegó a la conclusión que la opción (b), el sistema de alcantarillado unitario es la mejor alternativa para la zona urbana de la ciudad de Caraz.

RECOMENDACIONES

- El gobierno local debe priorizar en mejorar y mantener en buen estado sus sistemas drenaje, principalmente en zonas de la sierra como es en este caso donde las concentraciones de aguas lluvias son muy altas, y constituyen causas de inundación.
- El gobierno local debe priorizar en la ejecución de la obra de Drenaje Pluvial para la ciudad de Caraz. Ya que es necesario revertir la actual situación negativa que atraviesa la ciudad ante el ineficiente desempeño de estas obras hidráulicas que van en perjuicio de la población, y a su vez derivan en daños sobre la infraestructura pública y privada, haciéndose más difícil el desarrollo sostenible (social-economía-medio ambiente) de la ciudad.
- Es necesario comenzar con el proceso de concientización a las personas de la ciudad de Caraz, para que éstas valoren su ciudad, de modo que no arrojen basuras a las calles, para evitar que éstas caigan a las rejillas y sumideros laterales y produzcan taponamientos. Cuidar las obras de drenaje resulta indispensable para el correcto desempeño del sistema.
- Se sugiere que para futuros proyectos la construcción de sistemas de drenaje urbano; se considere como dato imprescindible los datos meteorológicos de las máximas precipitaciones diarias y anuales sean de una estación meteorológica de la misma zona del proyecto.
- Se debe recolectar los datos meteorológicos con la mayor antigüedad posible a la fecha del proyecto, para que los cálculos probabilísticos mediante el software Hidroetas2 sean mucho más exactos.
- Todo medio urbano, que pretenda consolidarse previendo el futuro y teniendo en cuenta los terribles cambios climáticos que se avecinan, deben considerar el factor topográfico como una fuente indispensable para un plan de expansión urbana ya que puede ser perjudicial al contar con pendientes elevadas en las zonas de la sierra., por lo cual es necesario articular, políticas, planes, programas y proyectos a corto, mediano y largo plazo.
- Para futuras líneas de investigación se propone extender el estudio de la red de drenaje pluvial a una ciudad completa, como la de Caraz, para estudiar en profundidad las relaciones entre los nuevos colectores.

- En adelante, se puede diseñar el sistema de drenaje pluvial a nivel macro (ciudad) en función a las nuevas tendencias de drenaje urbano sostenible en una ciudad con gran superficie, especialmente en las nuevas áreas desarrolladas en función a la gestión de territorio a nivel de expansiones urbanas a largo plazo.
- Actualizar el Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II –Habilitaciones Urbanas, Norma OS. 060 Drenaje Pluvial Urbano 2006-2018, en función a los cambios climáticos, elevando su calidad a estándares internacionales que incorporen mayor nivel de seguridad en los diseños de este tipo de obras civiles.

A G R A D E C I M I E N T O

Mi especial agradecimiento por el apoyo brindado a: Dios por haberme dado la vida, inteligencia y sabiduría para enfrentar los diferentes obstáculos que se me presentaron durante mi vida universitaria.

A mis queridos padres por su sacrificio y confianza incondicional brindada para que yo pueda cumplir mis metas que me he propuesto en mi vida.

Y a los docentes de la universidad San Pedro por los conocimientos impartidos en mi vida estudiantil.

JEAN DANNY

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aranda Monsalve, R. (2009). *Simulación Continua de Lluvias para el Diseño de Sistemas de Drenaje Urbano*. Tesis para optar al grado de Magíster en Ciencias de la Ingeniería. Escuela de Ingeniería. Santiago de Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1352/525067.pdf?sequence>.

Chereque Morán, W. (1989). *HIDROLOGIA para estudiantes de ingeniería civil*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Dolz, J., & Gómez, M. (1994). *Problemática del drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas y del estudio hidráulico de las redes de colectores*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya - Departamento de Ingeniería, Hidráulica y medio ambiente obtenido de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/4141/article3.pdf>.

Durman. (2017). *Especificaciones Técnicas*. Obtenido de Manual Técnico de Productos, obtenido de <http://www.nacion.com/netinc/VIEJOS/durman/matec/capitulo02.html>.

Fernández (2017). “*Propuesta de una Red de Drenaje Pluvial para Reducir Riesgos por Inundaciones en la Zona Central de la Ciudad de Huaraz*” de tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad San Pedro, Huaraz.

García, Montoya y Rodríguez (2013). *Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial para el Casco Urbano del Municipio de la Concepción-Masaya*. Tesis para optar el grado de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.

Gómez Valentín, M. (2007). *Hidrología Urbana*. Barcelona: Departamento de Ingeniería Hidráulica, Marítima y Ambiental. UPC.

Instituto Geográfico Nacional. (2016). Obtenido de Instituto Geográfico Nacional obtenido de <http://www.ign.gob.pe/index.php?PG=Nomenclatorp&OPC=20&paginasok=3>

Koplast: Tuberías y conexiones plásticas. (2016). *Tubo Perfilado de PVC*. Lima: Koplast. Obtenido de http://www.koplastindustrial.com/wpcontent/uploads/2015/09/archivo_16_143_4037302.pdf.

Ministerio De Vivienda Y Urbanismo. (2005). *Guia De Diseño Y Especificaciones De Elementos Urbanos De Infraestructura De Aguas Lluvias*. Chile: Ministerio De Vivienda y Urbanismo.

Norma OS.060. (2006). *Drenaje Pluvial Urbano*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones, Título II– Habilitaciones Urbanas. Diario Oficial "El Peruano".

Nicoll Perú. (2017). *Nicoll*. Obtenido de <http://www.nicoll.com.pe/>

NTP 399.162. (2005). *Tubos y Conexiones Termoplásticos con Superficie Exterior Perfilada e Interior Lisa*. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI. Diario Oficial "El Peruano".

Pérez Remond, A. (2014). “*Revisión de un Sistema de Alcantarillado Pluvia Trabajando como una Red de Drenaje*”. Tesis de grado. Universidad Nacional Autónoma de México:

Rivadeneira Gardona E. (2012). *Diseño del Sistema de Alcantarillado Pluvial del Barrio “la Campiña del Inca” Cantón quito, Provincia de Pichincha*. Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

Rodríguez Salazar P. (2013). “*Nuevas Tendencias en la Gestión del Drenaje Pluvial en una Cuenca Urbana*”. Tesis de grado. Universidad de la Rioja España.

Rojas y Humpire (2016). “*Evaluación, Diseño y Modelamiento del Sistema de Drenaje Pluvial de la Ciudad de Juliaca con la Aplicación del Software Swmm*”. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad Católica del Perú.

Rojas Naira P. (2014). “*Cálculo de Precipitaciones y Caudales de Diseño de Sistema de Drenaje Pluvial Urbano en Zonas de Huancavelica, Junín y Ayacucho*”. Tesis de grado. Universidad Privada San Martín de Porres, Lima.

Sánchez San Román, F. J. (2004). *Dpto. Geología--Univ. Salamanca (España)*. Obtenido de <http://web.usal.es/javisan/hidr>

Urbano Broncano S. (2015). *“Diseño Alternativo de un Sistema de Drenaje Pluvial para las Avenidas Antonio Raimondi y Mariscal Luzuriaga en la Ciudad de Huaraz 2015”* tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz.

Yáñez portal E. (2014). *“Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”*. Tesis para optar el grado de ingeniero civil. Universidad Privada del Norte Cajamarca-Perú.

ANEXOS

ANEXO N° 1. PANEL FOTOGRÁFICO



Foto 1-2: Caudal de aguas de lluvia que colapsa sumidero, intersección Jr. San Martín y Av. Daniel Villar (esquina de la Plaza de Armas)
Nota: tomado en Marzo del 2018



Foto 3-4: Caudal de aguas de lluvia discurren por toda la calzada, Jr. San Martín
Nota: tomado en Abril del 2018



Foto 5-6: Inundaciones en las partes bajas de la ciudad, intersección Jr. San Martín y Carretera Central.

Nota: tomado en Abril del 2018



Foto 7-8: Colapso de aguas de lluvia por buzones del alcantarillado sanitario, intersección de Av. Daniel Villar y Carretera central.

Nota: tomado en Marzo del 2018



Foto 9-10: Sumideros colmatados con sedimentos y basura, su funcionamiento es nulo por falta de mantenimiento, diferentes puntos, intersección de la Av. Daniel Villar y Jr. Córdova
Nota: tomado en Diciembre del 2018.



Foto 11-12: Sumideros colapsados en diferentes puntos de la ciudad, intersección Jr. san Martin carretera Central, intersección Jr. Grau con Carretera central.
Nota: tomado en Marzo del 2018.



Foto 13-14: Intransitabilidad Vehicular y peatonal, intersección Jr. san Martin y Av Daniel Villar
Nota: Tomado en Febrero del 2018.



Foto 15-16: Inundaciones en partes bajas de la ciudad, zonas bajas de la carretera centra.
Nota: Tomado en Enero del 2019.



Foto 17-18: Caudal de aguas de lluvia socavan pistas y calles, principalmente calles de las partes bajas.
Nota: Tomado en Enero del 2019.



Foto 19-20: Disposición final de las aguas de lluvia, puntos de vertimiento es el Rio Santa.
Nota: Tomado en Enero del 2019.

ANEXO N° 2. DATOS METEOROLOGICOS DE LA ESTACION

Coordenadas Geográficas de la Estación Privada San Pedro – Caraz				
CORPORACION ROOTSPERU S.A.				
ID	Nombre Estación	Altitud	latitud	longitud
EM-SP	San Pedro	2,200 m.s.n.m	9.031335°	77.837932°

MAXIMA PRECIPITACION HISTORICA ANUAL

PRECIPITACIÓN PLUVIAL SAN PEDRO: 1994 - 2018																						
MES	AÑOS REGISTRADOS																					
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
ENERO	19.5	154.1	82.4	63.9	121.8	39.8	65.3	15.1	40.5	47.7	31.9	78.7	137.6	68.3	47.4	34.7	20.0	44.2	91.1	40.5	84.5	50.3
FEBRERO	73.0	99.1	201.5	115.3	52.6	34.9	60.2	27.3	33.7	69.5	36.0	77.1	81.5	74.5	25.2	74.0	67.4	96.2	79.3	89.7	117.1	43.6
MARZO	22.2	113.9	64.7	81.8	177.6	182.7	58.4	27.1	86.5	189.5	175.9	90.6	175.7	71.8	86.6	139.9	137.2	114.8	93.4	69.1	178.9	107.5
ABRIL	65.0	43.5	30.6	38.5	20.3	60.3	11.7	43.7	18.9	85.0	74.4	54.6	55.6	33.7	66.3	94.3	32.7	23.2	25.5	24.7	36.0	54.1
MAYO	1.3	0.3	18.3	19.9	8.4	0.9	3.9	1.1	0.0	3.5	15.5	1.7	4.4	13.2	0.0	8.3	12.4	27.5	31.5	1.5	10.4	25.9
JUNIO	0.0	2.7	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	7.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
JULIO	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.7	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
AGOSTO	0.0	0.3	0.3	5.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0
SEPTIEMBRE	12.7	2.5	16.8	4.0	14.0	2.5	0.4	1.8	3.6	8.3	0.5	0.4	0.1	0.7	2.6	9.5	6.9	10.5	2.7	1.9	9.4	0.0
OCTUBRE	13.9	58.2	36.3	6.4	9.6	53.3	40.8	65.3	17.1	21.1	32.0	72.0	63.9	13.8	1.0	32.3	33.6	17.9	25.5	14.2	31.5	15.2
NOVIEMBRE	78.0	18.5	29.2	14.1	56.0	73.2	6.1	64.4	7.2	15.1	29.3	14.9	39.5	31.5	20.0	44.9	15.0	19.1	25.5	2.4	21.3	1.1
DICIEMBRE	121.2	38.6	31.1	62.9	80.3	39.9	96.7	41.5	73.7	66.3	33.0	7.3	59.5	65.1	114.5	47.9	66.5	75.8	63.3	44.9	46.7	0.0
TOTAL AÑO	406.8	531.6	512.1	412.1	540.6	487.5	343.5	288.4	282.5	513.0	428.5	400.3	622.5	372.9	363.6	485.8	395.2	429.2	437.8	288.9	537.0	297.7
Acum. Ene-May	181.0	410.8	397.5	319.4	380.7	318.6	199.5	114.3	179.6	395.2	333.7	302.7	454.8	261.5	225.5	351.2	269.7	305.9	320.8	225.5	426.9	281.4
Acum. Ago-Dic	225.8	118.1	113.7	92.7	159.9	168.9	144.0	173.0	102.9	110.8	94.8	94.6	163.0	111.4	138.1	134.6	124.8	123.3	117.0	63.4	110.1	16.3

MAXIMA PRECIPITACION HISTORICA DIARIA

PRECIPITACIÓN PLUVIAL 1994 - 2018																											
Fundo: San Pedro - Caraz		AÑOS REGISTRADOS																									
MES	DÍA	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
OCTUBRE	1											0.2															
	2		5.0		3.4		2.0					2.0	0.2			3.0	2.9	0.2	0.5						3.1		
	3						1.5						4.7			0.2									0.9	4.5	
	4												0.2														
	5							0.3										1.1								2.4	
	6							6.9									1.1	2.5				1.5					
	7								4.8				3.8				6.3								3.5	2.8	
	8								0.9		0.6					0.4					0.2		9.1	2.6		3.5	
	9			11.5										0.3		1.2	0.9							0.8		7.5	
	10			11.4				8.3			3.8			4.2									0.5				
	11										1.1			3.8		0.3								4.7			
	12					7.9					9.0	4.6		0.2					2.1								
	13										3.5	0.9							1.0			0.2					
	14								0.7		5.4											3.2				0.5	
	15			0.9																		6.6			3.4		
	16	1.2									0.6								1.1			12.4					
	17	3.1											8.4														
	18											2.7															5.7
	19												15.1						14.1	0.3		2.6					3.0
	20							6.3					4.6						13.3	8.1		6.7			4.4		0.5
	21							2.0					3.8				3.1		0.5	3.4	0.5	2.2	2.3				3.0
	22							18.9				4.6	2.3	1.6		2.2		2.5				6.0					2.6
	23							1.2	7.5			4.5	9.4	0.6	2.9	0.8	0.8		3.1			0.2					
	24							5.7	5.1			1.1		1.5	3.5	2.6			4.8			4.3					
	25							0.3	10.7	4.7			2.3	32.2			7.3	1.7	0.8			3.2					
	26							0.8	3.1				11.7			0.7	2.3	5.1	3.9			0.5			6.7		
	27							1.5								0.8		3.4	2.0								
	28									lluv.		2.9	11.8				1.8	2.5	0.1			2.4	3.5				
	29										1.0	1.8	0.2	0.9			0.7	5.8			3.7	0.2		7.2		10.6	
	30										2.1	0.6		2.8		0.3	6.0	4.3			0.4						
	31										6.5					0.8	3.2	6.0									2.5

GRAFICO DE MAXIMAS PRECIPITACIONES ANUALES

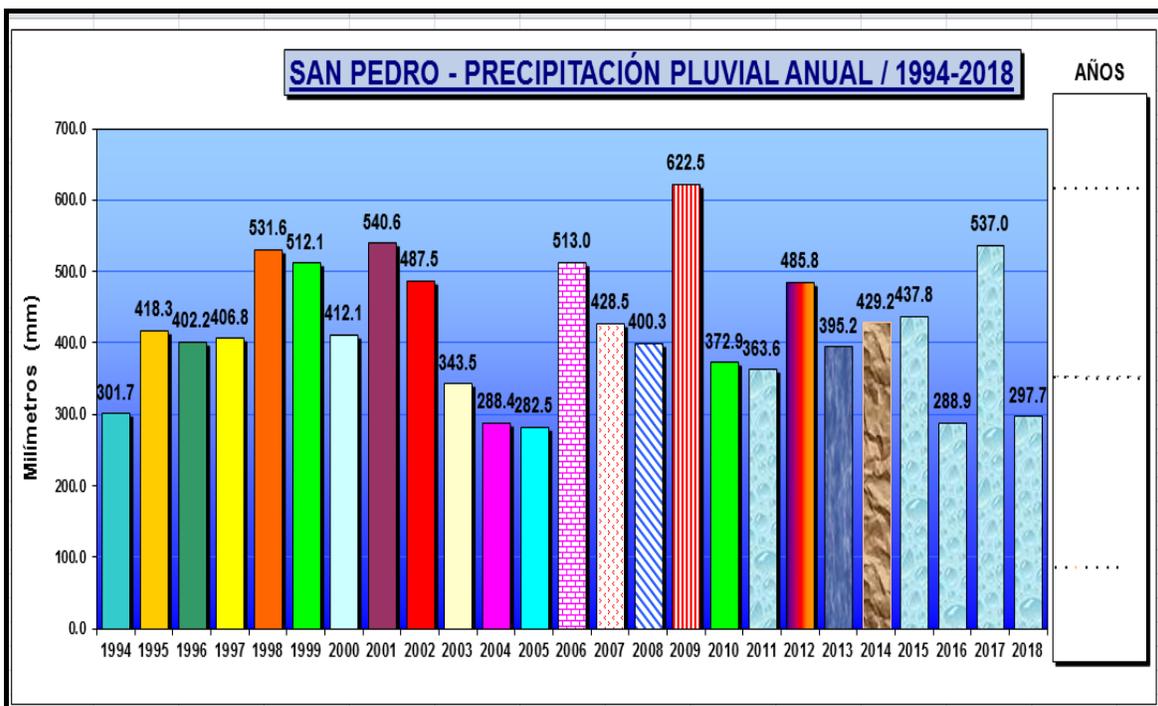


GRAFICO PRECIPITACION PLUVIAL ACUMULADA ENERO – MAYO

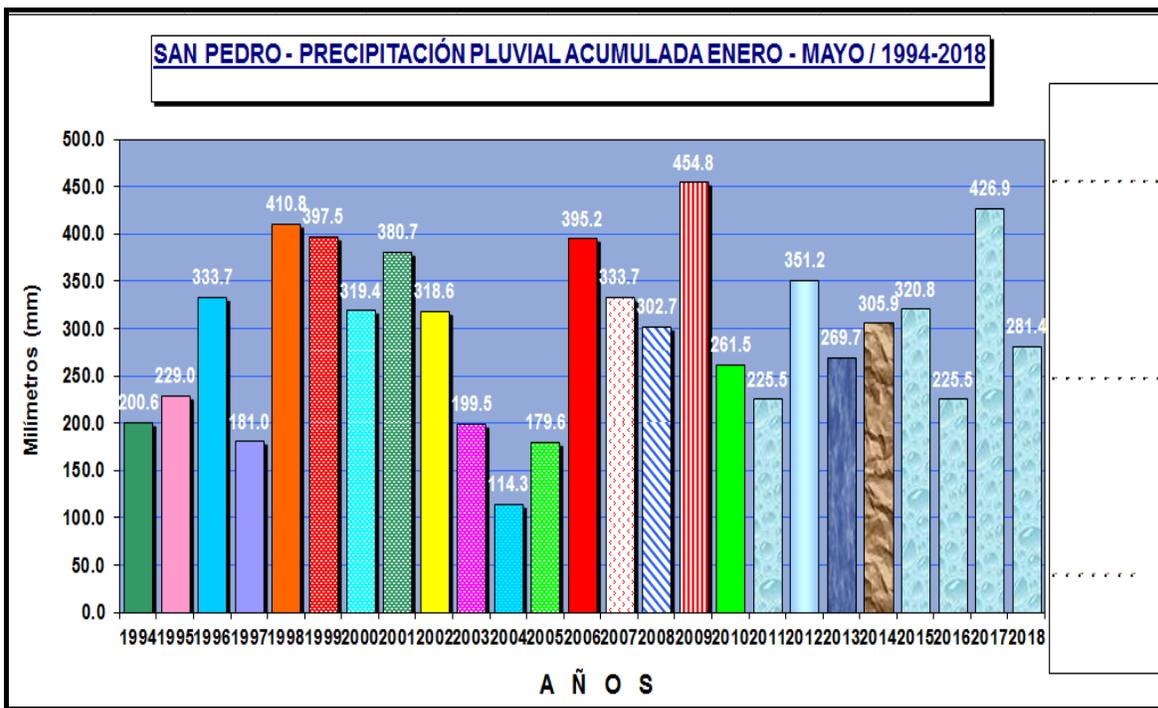
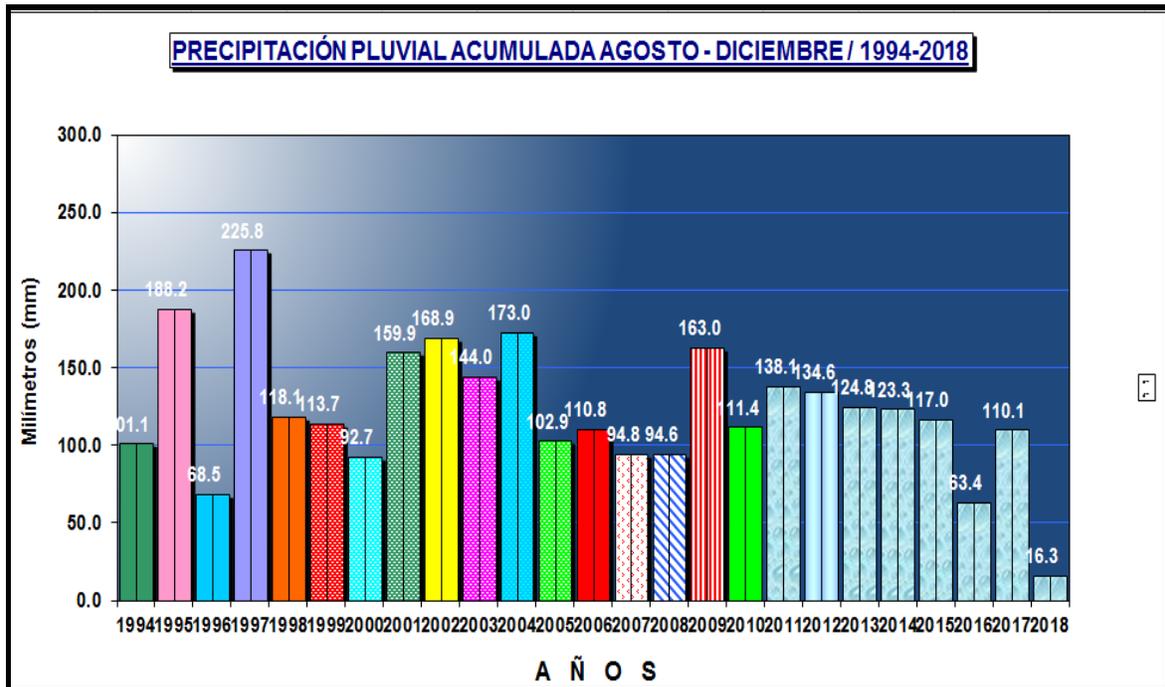


GRAFICO PRECIPITACION PLUVIAL ACUMULADA AGOSTO - DICIEMBRE



ANEXO N° 3. CALCULO DE LA MAXIMA INTENSIDAD DE LLUVIA DE DISEÑO

Coordenadas Geográficas de la Estación Privada San Pedro – Caraz				
CORPORACION ROOTSPERU S.A.				
ID	Nombre Estación	Altitud	latitud	longitud
EM-SP	San Pedro	2,200 m.s.n.m	9.031335°	77.837932°

DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)

MAXIMA PRECIPITACION MENSUAL POR AÑO												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1994			26.3	13.9	4.1				7.3	3.1	13.5	10.5
1995	16.1	17.7	10.9	8.0	6.4	0.9				12.6	10.5	15.8
1996	17.5	18.7	18.7	11.5	0.3				7.5	11.5	2.5	2.7
1997	7.1	11.3	8.0	16.7	1.3				7.1	6.2	17.4	15.8
1998	17.0	14.1	10.6	10.5	0.3	2.7		0.3	2.3	18.9	8.2	10.5
1999	15.4	26.2	19.5	10.4	4.7	0.9		0.3	6.0	8.3	14.1	15.5
2000	18.3	21.0	12.5	7.0	7.5			3.3	2.2	4.8	7.8	12.1
2001	12.4	8.3	31.5	8.0	5.6				4.5	6.5	13.9	22.2
2002	17.5	9.6	24.5	16.8	0.9				2.5	11.7	10.5	7.6
2003	19.2	14.6	19.2	8.2	2.4				0.4	32.2	4.7	19.8
2004	7.1	5.4	5.1	15.9	0.6	0.4	0.7		0.9	15.1	14.7	14.8
2005	17.3	11.9	12.8	4.3				0.8	3.6	4.7	7.2	18.9
2006	8.8	23.8	21.8	13.2	3.5	3.6			7.7	12.1	4.2	13.7
2007	4.8	13.6	21.5	21.7	14.4				0.5	6.3	10.3	9.3
2008	14.2	9.5	26.6	23.5	1.7	1.9			0.4	35.2	6.5	1.7
2009	15.4	16.0	26.4	11.3	4.4		4.7		0.1	14.1	11.4	14.8
2010	13.9	15.8	14.9	10.8	5.0			0.3	0.4	8.1	10.5	15.7
2011	6.6	6.1	19.0	11.1					2.1	0.5	11.0	24.7
2012	9.2	10.7	32.8	23.2	6.0				5.5	6.7	16.0	11.0
2013	14.8	13.4	16.0	8.5	10.9		0.7	0.8	6.9	12.4	9.6	12.4
2014	8.6	22.3	12.9	9.1	16.0				7.2	9.1	7.8	14.1
2015	12.7	24.4	17.8	8.1	14.0				2.7	7.2	14.8	16.2
2016	14.0	20.1	15.5	9.6	1.0				1.1	4.4	2.4	13.2
2017	14.0	21.2	17.8	13.2	5.5			1.2	6.8	10.6	12.2	14.3
2018	14.5	9.3	13.6	12.3	7.8					5.7		
MAX	19.2	26.2	32.8	23.5	16.0	3.6	4.7	3.3	7.7	35.2	17.4	24.7

INTENSIDAD MÁXIMA DE LLUVIA DE DISEÑO

Calcular la ecuación de Imáx a partir de datos máx diarios utilizando el criterio de Grobe, conocido...

Ingreso de datos y cálculo ecuación Imax

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	26.3
2	17.7
3	18.7
4	17.4
5	18.9
6	26.2
7	21.0
8	31.5
9	24.5
10	32.2
11	15.9
12	18.9

Calcular Imáx de diseño:

Período de retorno (T): años

Duración (D): min

Imáx: mm/hr

Resultados y gráfico Imax-D-T

P24h	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
26.3	9.03	9.99	11.88	14.13	15.64	16.80
17.7	6.08	6.72	8.00	9.51	10.52	11.31
18.7	6.42	7.10	8.45	10.05	11.12	11.95
17.4	5.97	6.61	7.86	9.35	10.35	11.12
18.9	6.49	7.18	8.54	10.15	11.24	12.08
26.2	8.99	9.95	11.84	14.08	15.58	16.74

Año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
1	27.09	19.98	11.88	7.07	5.21	4.20
2	18.23	13.45	8.00	4.75	3.51	2.83
3	19.26	14.21	8.45	5.02	3.71	2.99
4	17.92	13.22	7.86	4.67	3.45	2.78
5	19.46	14.36	8.54	5.08	3.75	3.02
6	26.98	19.91	11.84	7.04	5.19	4.19

T año	20 min	30 min	60 min	120 min	180 min	240 min
26.00	36.25	26.75	15.90	9.46	6.98	5.62
13.00	33.78	24.92	14.82	8.81	6.50	5.24
8.67	33.16	24.47	14.55	8.65	6.38	5.14
6.50	32.44	23.93	14.23	8.46	6.24	5.03
5.20	27.19	20.06	11.93	7.09	5.23	4.22
4.33	27.09	19.98	11.88	7.07	5.21	4.20

Ecuación	R	R ²	Se
Imáx = 108.2755 * T ^{0.5257} * D ^{-0.7500}	0.7991	0.6386	4.2451

Ajuste:

Calcular | Graficar | Limpiar | Imprimir | Menú Principal

Archivos y resultados:

Crear | Accesar | Excel | Reporte

06:07 p.m. 19/11/2018

CAUDALES PERIODO DE RETORNO 25 AÑOS

Ajuste de una serie de datos a la distribución Normal

Ingreso de datos:
 Nota: Una vez que digite el dato, presionar ENTER

N°	X
1	26.3
2	17.7
3	18.7
4	17.4
5	18.9
6	26.2
7	21.0
8	31.5
9	24.5
10	32.2
11	15.9
12	18.9
13	23.82
14	21.7

Distribución normal

Caudal de diseño:

Caudal (Q): m³/s

Período de retorno (T): años

Probabilidad (P): %

Q=(T) | T=(Q) | P(Q<q) | P(Q>q)

Parámetros distribución normal:

Con momentos ordinarios:

De localización (Xm):

De escala (S):

Con momentos lineales:

Media lineal (Xl):

Des. Estandar (S l):

Tipo de ajuste:

Parámetros ordinarios

Momentos lineales

Nivel significación:

0.20

0.10

0.05

0.01

Ajuste con momentos ordinarios:

Como el delta teórico 0.1009, es menor que el delta tabular 0.2720. Los datos se ajustan a la distribución Normal, con un nivel de significación del 5%

m	X	P(X)	F(Z) Ordinario	F(Z) Mom Lineal	Delta
1	0.8	0.0385	0.0057	0.0053	0.0327
2	5.34	0.0769	0.0246	0.0235	0.0523
3	10.8	0.1154	0.0984	0.0962	0.0170
4	15.9	0.1538	0.2547	0.2526	0.1009
5	16.0	0.1923	0.2587	0.2566	0.0664
6	17.3	0.2308	0.3133	0.3116	0.0826
7	17.4	0.2692	0.3177	0.3160	0.0485
8	17.7	0.3077	0.3311	0.3295	0.0234

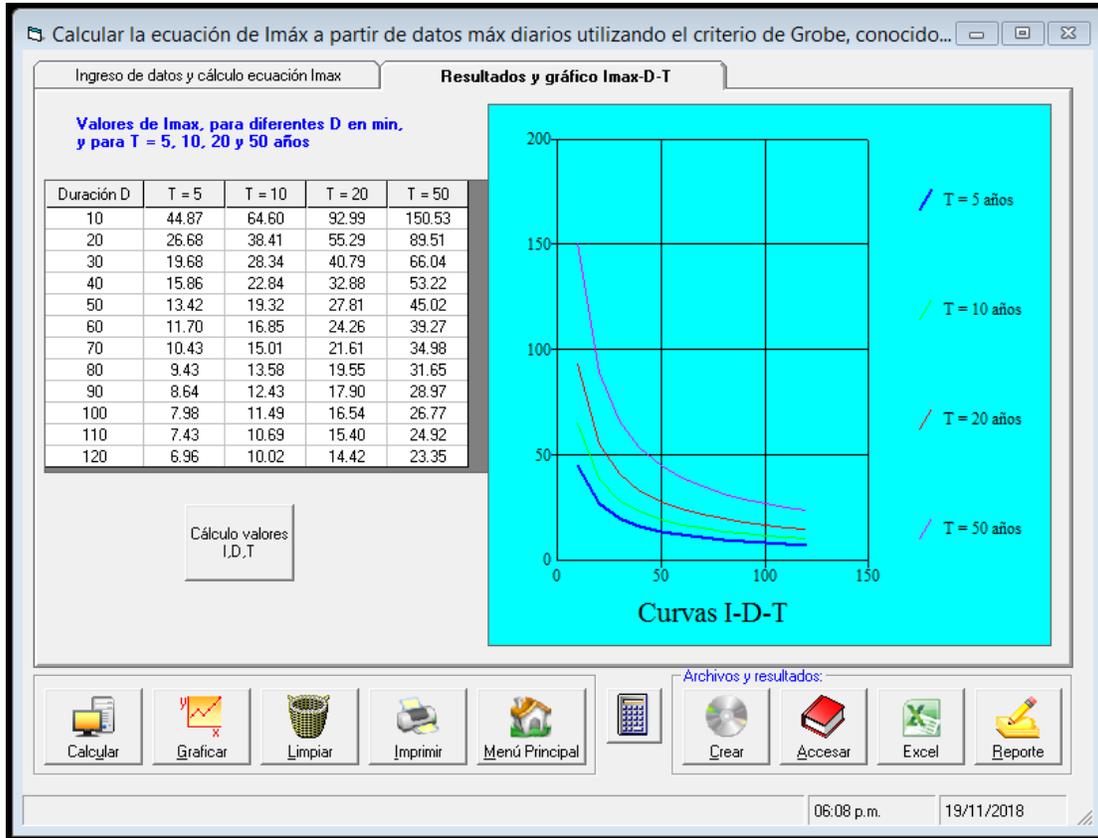
Calcular | Graficar | Limpiar | Imprimir | Menú Principal

Archivos y resultados:

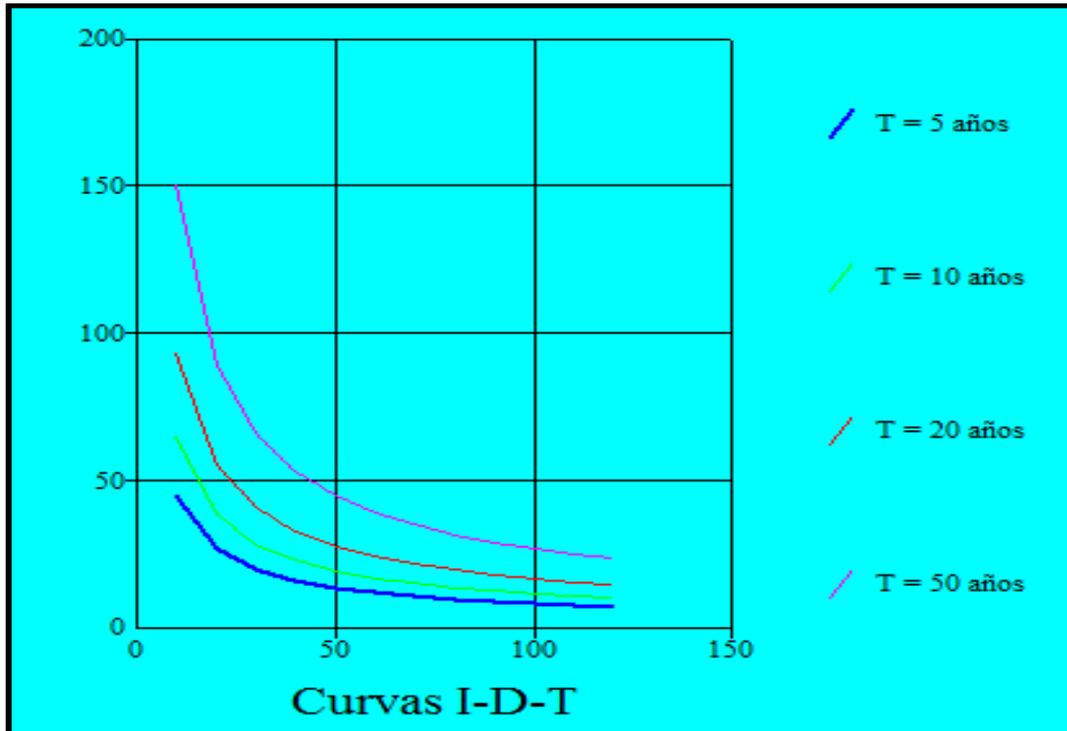
Crear | Accesar | Excel | Reporte

06:00 p.m. 19/11/2018

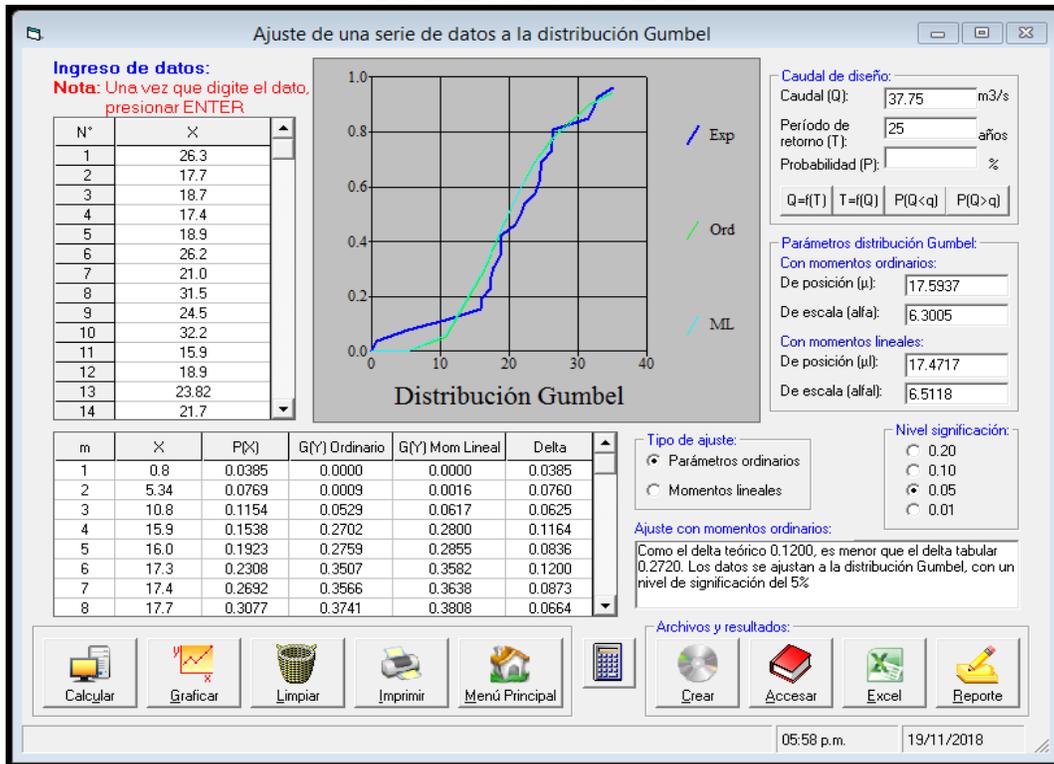
CURVA I D T



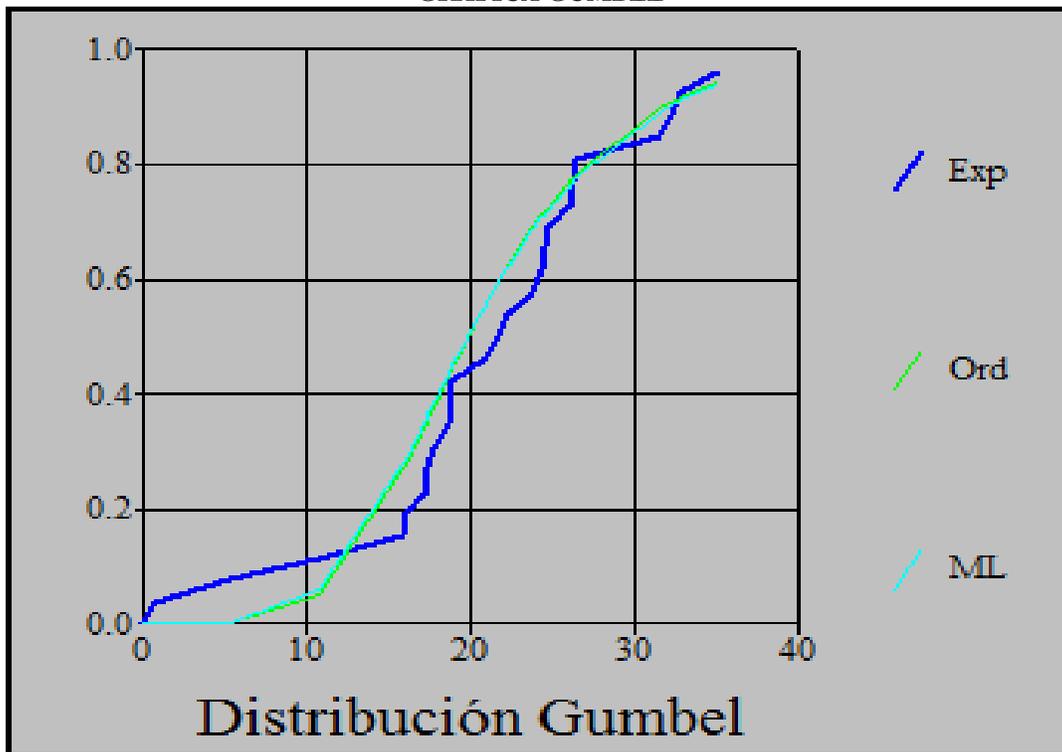
CURVA I D T PARA DIFERENTES PERIODOS DE RETORNO



DISTRIBUCION GUMBEL



GRAFICA GUMBEL



ANEXO N° 4. CALCULOS DE AREAS A DRENAR POR TRAMO (M2)

Jr. San Martin		7 sumideros						TOTAL (m2)
tramo 0-1		2987.19	1965.61	1461.64	2506.17			8920.61
tramo 1-2	5249.94	4842.00	774.94	1633.63	3726.60	1175.36	3366.00	20768.47
tramo 2-3		8522.76	9012.73					17535.49
tramo 3-4		6394.53	6754.52					13149.05
tramo 4-5		5892.71	5917.81					11810.52
tramo 5-6		2452.07	2902.68					5354.75
tramo 6-7		14173.28	11665.00					25838.28
Jr. Sucre		7 sumideros						
tramo 0-1		1064.13	1098.27					2162.40
tramo 1-2		5823.90	5694.88					11518.78
tramo 2-3		6636.77	8804.64					15441.41
tramo 3-4		3204.18	4249.04					7453.22
tramo 4-5		6709.23	8010.86					14720.09
tramo 5-6		2719.8	3178.83					5898.63
tramo 6-7		9390.17	11577.43					20967.60
Jr. Grau		7 sumideros						
tramo 0-1		1277.40	10064.40					11341.80
tramo 1-2		3488.84	1625.26					5114.10
tramo 2-3		7630.93	7831.26					15462.19
tramo 3-4		3530.91	3625.25					7156.16
tramo 4-5		8726.73	9983.10					18709.83
tramo 5-6		3853.56	4718.99					8572.55
tramo 6-7		6101.61	6358.78					12460.39

Jr. Bolognesi		4 sumideros					
tramo 0-1		6354.35	1554.31				7908.66
tramo 1-2		8907.81	7257.21				16165.02
tramo 2-3		4544.71	141.33				4686.04
tramo 3-4		10671.21	9354.24				20025.45
Jr. Luzuriaga		2 sumideros					
tramo 4-5		7534.36					7534.36
tramo 5-6		17244.06					17244.06
Av. Mariscal caceres		4 sumideros					
tramo 0-1		5090.51					5090.51
tramo 1-2		9029.74					9029.74
tramo 2-3		7523.35					7523.35
tramo 3-4		1868.18					1868.18
Jr. Raymondi		2 sumideros					
tramo 4-5		24338.89					24338.89
Jr. Sipreces		2 sumideros					
tramo 1-2		9645.03	11469.25				21114.28
Jr. Saucés		2 sumideros					
tramo 1-2		7996.26	4429.91				12426.17
Jr. los Pinos		2 sumideros					
tramo 1-2		8834.03	3374.03				12208.06
Pasaje H		2 sumideros					
tramo 1-2		6793.29					6793.29
Prolongacion Alfonso Ugarte		2 sumideros					
tramo 1-2		31440.41					31440.41
Av. 9 de Octubre		3 sumideros					
		50802.13					50802.13
tramo 0-1		15240.00					15240.00
tramo 1-2		9856.13					9856.13
tramo 2-3		17672.83					17672.83

Jr. Saenz Peña		3 sumideros					
tramo 0-1		2378.24					2378.24
tramo 1-2		8444.38	4968.67				13413.05
tramo 2-3		12763.6					12763.60
Jr. Cordova		3 sumideros					
tramo 3-4		27882.33					27882.33
tramo 4-5		14820.19					14820.19
tramo 5-6		17889.05					17889.05
Jr. Santa Rita		1 sumideros					
caudal a daniel villar		16223.51					16223.51
Jr. San Francisco		1 sumideros					
caudal a daniel villar		15791.23					15791.23
Jr. Señora de la asuncion		1 sumideros					
caudal a daniel villar		18475.66					18475.66
Jr. Santa Isabel							
caudal a daniel villar		18668.27					18668.27
Av. Noe vazan peralta		3 sumideros					
tramo 0-1		2128.92					2128.92
tramo 1-2		8718.00					8718
tramo 2-3		11268.22					11268.22

Carretera Central		9 sumideros						
tramo 0-1		22115.14						22115.14
tramo 1-2		12283.12						12283.12
tramo 2-3		9078.58						9078.58
tramo 3-4		14821.14						14821.14
tramo 4-5		6215.46						6215.46
tramo 5-6		18968.97						18968.97
tramo 6-7		8736.71						8736.71
tramo 7-8	san martin,sucre y grau							san martin,sucre y grau
tramo 8-9	los olivos							los olivos
Av . La Merced		4 sumideros						
tramo 1-2		20697.50						20697.5
tramo 2-3		12060.27						12060.27
tramo 3-4		13614.26						13614.26
Av. Daniel Villar		6 sumideros						
tramo 1-2		16223.51						16223.51
tramo 2-3		15791.23						15791.23
tramo 3-4		18475.66						18475.66
tramo 4-5		18668.27						18668.27
tramo 5-6		6119.61						6119.61

ANEXO N° 5. CALCULOS DEL CAUDAL DE DISEÑO POR TRAMO

Formula:

$$Q = \frac{C \cdot i \cdot A}{360}$$

Datos:

- Coeficiente de Escorrentía Ponderado (adm.) C = 0.81
- Intensidad de Lluvia de Diseño (mm/h) i = 104.57
- Área a Drenar (Ha) A = variable
- Caudal de diseño (m3/seg.) Q = ?

Resultados del caudal de diseño por tramo y por alcantarilla.

Jr. San Martin	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	8920.61	0.892061	0.2099	0.2099
tramo 1-2	20768.47	2.076847	0.4886	0.6985
tramo 2-3	17535.49	1.753549	0.4126	1.1111
tramo 3-4	13149.05	1.314905	0.3094	1.4205
tramo 4-5	11810.52	1.181052	0.2779	1.6984
tramo 5-6	5354.75	0.535475	0.1260	1.8244
tramo 6-7	25838.28	2.583828	0.6079	2.4323

Jr. Sucre	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	2162.4	0.21624	0.0509	0.0509
tramo 1-2	11518.78	1.151878	0.2710	0.3219
tramo 2-3	15441.41	1.544141	0.3633	0.6852
tramo 3-4	7453.22	0.745322	0.1754	0.8606
tramo 4-5	14720.09	1.472009	0.3463	1.2069
tramo 5-6	5898.63	0.589863	0.1388	1.3457
tramo 6-7	20967.6	2.09676	0.4933	1.8390

Jr. Grau	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	11341.8	1.13418	0.2669	0.2669
tramo 1-2	5114.1	0.51141	0.1203	0.3872
tramo 2-3	15462.19	1.546219	0.3638	0.7510
tramo 3-4	7156.16	0.715616	0.1684	0.9193
tramo 4-5	18709.83	1.870983	0.4402	1.3596
tramo 5-6	8572.55	0.857255	0.2017	1.5613
tramo 6-7	12460.39	1.246039	0.2932	1.8544

Jr. Bolognesi	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	7908.66	0.790866	0.1861	0.1861
tramo 1-2	16165.02	1.616502	0.3803	0.5664
tramo 2-3	4686.04	0.468604	0.1103	0.6767
tramo 3-4	20025.45	2.002545	0.4712	1.1478
Jr. Luzuriaga				
tramo 4-5	7534.36	0.753436	0.1773	1.3251
tramo 5-6	17244.06	1.724406	0.4057	1.7308

Av. Mariscal Cáceres	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	5090.51	0.509051	0.1198	0.1198
tramo 1-2	9029.74	0.902974	0.2125	0.3322
tramo 2-3	7523.35	0.752335	0.1770	0.3092
tramo 3-4	1868.18	0.186818	0.0440	0.3532
Jr. Raymondi				
tramo 4-5	24338.89	2.433889	0.5727	1.1144
Jr. Los Cipreses				
tramo 1-2	21114.28	2.111428	0.4968	0.4968
Jr. Los Sauces				
tramo 1-2	12426.17	1.242617	0.2924	0.2924
Jr. Los Pinos				
tramo 1-2	12208.06	1.220806	0.2872	0.2872
Pasaje H				
tramo 1-2	6793.29	0.679329	0.1598	0.1598
Prolong. Alfonso Ugarte				
tramo 1-2	31440.41	3.144041	0.7397	0.7397

Av. 9 de Octubre	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	15240.00	1.524000	0.3586	0.3586
tramo 1-2	9856.13	0.985613	0.2319	0.5905
tramo 2-3	17672.83	1.767283	0.4158	1.0063
Jr. Sáenz Peña	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	2378.24	0.237824	0.0560	0.0560
tramo 1-2	13413.05	1.341305	0.3156	0.3715
tramo 2-3	12763.6	1.276360	0.3003	0.6718
Jr. Córdoba	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 3-4	27882.33	2.788233	0.6560	1.3279
tramo 4-5	14820.19	1.482019	0.3487	1.6766
tramo 5-6	17889.05	1.788905	0.4209	2.0975

Jr. Mariscal Cáceres	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 1-2	6827.82	0.682782	0.1606	2.2581
Jr. Santa Rita				
Alcantarilla1 de-Av.Daniel V.	16223.51	1.622351	0.3817	0.3817
Jr. San Francisco				
Alcantarilla2 de-Av.Daniel V.	15791.23	1.579123	0.3715	0.3715
Jr. Señora de la Asunción				
Alcantarilla3 de-Av.Daniel V.	18475.66	1.847566	0.4347	0.4347
Jr. Santa Isabel				
Alcantarilla4 de -Av.Daniel V	18668.27	1.866827	0.4392	0.4392
Av. Noé Bazán Peralta				
tramo 0-1	2128.92	0.212892	0.0501	0.0501
tramo 1-2	8718.00	0.8718	0.2051	0.2552
tramo 2-3	11268.22	1.126822	0.2651	0.5203

Av. La Merced	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 1-2	20697.50	2.069750	0.4870	0.4870
tramo 2-3	12060.27	1.206027	0.2838	0.7707
tramo 3-4	13614.26	1.361426	0.3203	1.0911

Carretera Central	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 0-1	22115.14	2.211514	0.5203	0.5203
tramo 1-2	12283.12	1.228312	0.2890	0.8093
tramo 2-3	9078.58	0.907858	0.2136	1.0229
tramo 3-4	14821.14	1.482114	0.3487	1.3716
tramo 4-5	6215.46	0.621546	0.1462	0.1462
tramo 5-6	18968.97	1.896897	0.4463	0.5925
tramo 6-7	6736.71	0.673671	0.1585	0.1585
tramo 7-8	5625.11	0.562511	0.1323	0.3024
tramo 8-9	7225.48	0.722548	0.1700	0.1700

Av. Daniel Villar	Área (m2)	Área (ha)	Q (m3/seg)	Q x Alcantarilla
tramo 1-2	15223.51	1.522351	0.3582	0.3582
tramo 2-3	14791.23	1.479123	0.3480	0.7062
tramo 3-4	16475.66	1.647566	0.3876	1.0938
tramo 4-5	15668.27	1.566827	0.3686	1.4625
tramo 5-6	5119.61	0.511961	0.1205	1.5829

ANEXO N° 6. CALCULOS DEL DIAMETRO DE TUBERIA POR TRAMO

Formula:

$$D_{cm} = \left(\frac{691,000 \times Q \times \eta}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Datos:

- Coeficiente de Rugosidad (adm.) n = 0.010
- Pendiente por tramo (m/m) S = Variable
- Caudal de diseño (m³/seg.) Q = Variable
- Diámetro de tubería (cm) D_{cm} = ?

Jr. San Martin	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.2099	0.0136	59.18	23
tramo 1-2	0.6985	0.0624	52.52	21
tramo 2-3	1.1111	0.0786	57.32	23
tramo 3-4	1.4205	0.0713	65.19	26
tramo 4-5	1.6984	0.0690	70.58	28
tramo 5-6	1.8244	0.0733	70.86	28
tramo 6-7	2.4323	0.0655	82.35	32

Jr. Sucre	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.0509	0.0769	18.19	7
tramo 1-2	0.3219	0.0745	36.74	14
tramo 2-3	0.6852	0.0820	47.07	19
tramo 3-4	0.8606	0.0634	56.47	22
tramo 4-5	1.2069	0.0597	65.54	26
tramo 5-6	1.3457	0.0718	63.72	25
tramo 6-7	1.8390	0.0558	78.71	31

Jr. Grau	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.2669	0.0657	35.91	14
tramo 1-2	0.3872	0.0784	38.64	15
tramo 2-3	0.7510	0.0789	49.41	19
tramo 3-4	0.9193	0.0622	58.30	23
tramo 4-5	1.3596	0.0662	65.92	26
tramo 5-6	1.5613	0.0587	72.65	29
tramo 6-7	1.8544	0.0552	79.30	31

Jr. Bolognesi	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.1861	0.0677	31.01	12
tramo 1-2	0.5664	0.0894	42.42	17
tramo 2-3	0.6767	0.0891	45.41	18
tramo 3-4	1.1478	0.0651	62.28	25

Jr. Luzuriaga	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 4-5	1.3251	0.0495	72.83	29
tramo 5-6	1.7308	0.0489	80.84	32

Av. Mariscal Cáceres	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.1198	0.0983	22.86	9
tramo 1-2	0.3322	0.0955	33.88	13
tramo 2-3	0.3092	0.0732	36.44	14
tramo 3-4	0.3532	0.0684	39.30	15

Jr. Raymondi	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 4-5	1.1144	0.0348	77.85	31

Jr. Los Cipreses	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.4968	0.0555	48.30	19

Jr. Los Sauces	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.2924	0.0691	36.46	14

Jr. Los Pinos	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.2872	0.0575	38.81	15

Pasaje H	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.1598	0.0660	29.58	12

Prolg. Alfonso Ugarte	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.7397	0.0282	72.30	28

Av. 9 de Octubre	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.3586	0.1137	32.66	13
tramo 1-2	0.5905	0.0443	56.07	22
tramo 2-3	1.0063	0.0334	76.10	30

Jr. Sáenz Peña	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.0560	0.0433	23.38	9
tramo 1-2	0.3715	0.0448	46.93	18
tramo 2-3	0.6718	0.0691	49.81	20

Jr. Córdoba	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 3-4	1.3279	0.0772	61.69	24
tramo 4-5	1.6766	0.0732	68.68	27
tramo 5-6	2.0975	0.0742	74.32	29

Jr. Mariscal Cáceres	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	2.2581	0.0531	86.65	34

Jr. Santa Rita	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
Alcantarilla1-Av.Daniel V.	0.3817	0.0792	38.28	15

Jr. San Francisco	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	0.3715	0.0733	39.01	15

Jr. Sra. de la Asunción	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
Alcantarilla3-Av.Daniel V.	0.4347	0.0667	42.88	17

Jr. Santa Isabel	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
Alcantarilla4-Av.Daniel V	0.4392	0.0641	43.68	17

Av. Noé Bazán Peralta	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.0501	0.0560	20.36	8
tramo 1-2	0.2552	0.0495	39.26	15
tramo 2-3	0.5203	0.0611	47.39	19

Carretera Central	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 0-1	0.5203	0.0400	55.55	22
tramo 1-2	0.8093	0.0412	64.85	26
tramo 2-3	1.0229	0.0472	67.30	26
tramo 3-4	1.3716	0.0411	79.09	31
tramo 4-5	0.1462	0.0202	44.60	18
tramo 5-6	0.5925	0.0221	72.82	29
tramo 6-7	0.1585	0.0094	61.19	24
tramo 7-8	0.3024	0.0144	66.45	26
tramo 8-9	0.1700	0.0160	51.49	20

Av. La Merced	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.4870	0.0472	50.95	20
tramo 2-3	0.7707	0.0508	58.86	23
tramo 3-4	1.0911	0.0614	62.45	25

Av. Daniel Villar	Q x alcantarilla	Pendiente S	D cm	D pulgadas
tramo 1-2	0.3582	0.0158	68.46	27
tramo 2-3	0.7062	0.0295	69.86	28
tramo 3-4	1.0938	0.0364	76.03	30
tramo 4-5	1.4625	0.0437	79.17	31
tramo 5-6	1.5829	0.0457	80.21	32

ANEXO N° 7. CALCULOS DE VELOCIDADES POR TRAMO

Formula:

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

Datos:

- Coeficiente de Rugosidad / Tuberías (adm.) n = 0.010
- Coeficiente de Rugosidad /alcantarillas (adm.) n = 0.018
- Pendiente por tramo (m/m) S = Variable
- Radio Hidráulico (cm) R = D / 4
- Velocidad (m/ seg) V = ?

Jr. San Martin	Pendiente S	D (cm)	Tubería	Alcantarilla
			V (m/seg)	V (m/seg)
tramo 0-1	0.0136	59.18	3.27	1.81
tramo 1-2	0.0624	52.52	6.45	3.58
tramo 2-3	0.0786	57.32	7.68	4.26
tramo 3-4	0.0713	65.19	7.97	4.43
tramo 4-5	0.0690	70.58	8.26	4.59
tramo 5-6	0.0733	70.86	8.54	4.74
tramo 6-7	0.0655	82.35	8.92	4.96

Jr. Sucre	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0769	18.19	3.53	1.96
tramo 1-2	0.0745	36.74	5.56	3.09
tramo 2-3	0.0820	47.07	6.87	3.82
tramo 3-4	0.0634	56.47	6.82	3.79
tramo 4-5	0.0597	65.54	7.32	4.07
tramo 5-6	0.0718	63.72	7.87	4.37
tramo 6-7	0.0558	78.71	7.99	4.44

Jr. Grau	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0657	35.91	5.14	2.85
tramo 1-2	0.0784	38.64	5.89	3.27
tramo 2-3	0.0789	49.41	6.97	3.87
tramo 3-4	0.0622	58.30	6.90	3.84
tramo 4-5	0.0662	65.92	7.74	4.30
tramo 5-6	0.0587	72.65	7.77	4.32
tramo 6-7	0.0552	79.30	7.99	4.44

Jr. Bolognesi	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0677	31.01	4.73	2.63
tramo 1-2	0.0894	42.42	6.70	3.72
tramo 2-3	0.0891	45.41	7.00	3.89
tramo 3-4	0.0651	62.28	7.38	4.10

Jr. Luzuriaga	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 4-5	0.0495	72.83	7.15	3.97
tramo 5-6	0.0489	80.84	7.62	4.23

Av. Mariscal Cáceres	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0983	22.86	4.65	2.58
tramo 1-2	0.0955	33.88	5.96	3.31
tramo 2-3	0.0732	36.44	5.48	3.04
tramo 3-4	0.0684	39.30	5.57	3.09

Jr. Raymondi	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 4-5	0.0348	77.85	6.27	3.48

Jr. Los Cipreses	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0555	48.30	5.75	3.20

Jr. Los Sauces	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0691	36.46	5.32	2.96

Jr. Los Pinos	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0575	38.81	5.06	2.81

Pasaje H	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0660	29.58	4.53	2.51

Prolong. Alfonso Ugarte	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0282	72.30	5.37	2.98

Av. 9 de Octubre	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.1137	32.66	6.35	3.53
tramo 1-2	0.0443	56.07	5.68	3.16
tramo 2-3	0.0334	76.10	6.05	3.36

Jr. Sáenz Peña	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0433	23.38	3.13	1.74
tramo 1-2	0.0448	46.93	5.07	2.82
tramo 2-3	0.0691	49.81	6.56	3.64

Jr. Córdoba	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 3-4	0.0772	61.69	7.99	4.44
tramo 4-5	0.0732	68.68	8.36	4.64
tramo 5-6	0.0742	74.32	8.87	4.93

Jr. Mariscal Cáceres	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	6827.82	0.682782	0.1606	2.2581

Jr. Santa Rita	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
Alcantarilla1 -Av.Daniel V.	0.0792	38.28	5.89	3.27

Jr. San Francisco	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
Alcantarilla2 -Av. Daniel V.	0.0733	39.01	5.74	3.19

Jr. Señora de la Asunción	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
Alcantarilla3 -Av. Daniel V.	0.0667	42.88	5.83	3.24

Jr. Santa Isabel	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
Alcantarilla4 -Av. Daniel V	0.0641	43.68	5.79	3.21

Av. Noé Bazán Peralta	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0560	20.36	3.25	1.81
tramo 1-2	0.0495	39.26	4.74	2.63
tramo 2-3	0.0611	47.39	5.96	3.31

Carretera Central	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 0-1	0.0400	55.55	5.36	2.98
tramo 1-2	0.0412	64.85	6.03	3.35
tramo 2-3	0.0472	67.30	6.62	3.68
tramo 3-4	0.0411	79.09	6.88	3.82
tramo 4-5	0.0202	44.60	3.29	1.83
tramo 5-6	0.0221	72.82	4.78	2.66
tramo 6-7	0.0094	61.19	2.78	1.54
tramo 7-8	0.0144	66.45	3.63	2.02
tramo 8-9	0.0160	51.49	3.23	1.79

Av. La Merced	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0472	50.95	5.50	3.05
tramo 2-3	0.0508	58.86	6.28	3.49
tramo 3-4	0.0614	62.45	7.19	3.99

Av. Daniel Villar	Pendiente S	D (cm)	Tubería V (m/seg)	Alcantarilla V (m/seg)
tramo 1-2	0.0158	68.46	3.87	2.15
tramo 2-3	0.0295	69.86	5.36	2.98
tramo 3-4	0.0364	76.03	6.31	3.51
tramo 4-5	0.0437	79.17	7.10	3.95
tramo 5-6	0.0457	80.21	7.32	4.07

ANEXO N° 8. EFICIENCIA DE SUMIDEROS

Criterio de Eficiencia:

El criterio de eficiencia de evacuación del sistema consta en que el caudal “Q” de evacuación de cada tramo radica, en que la velocidad de ingreso a la alcantarilla es casi el 50 % menor que la velocidad de caudal de evacuación en todos los tramos, por lo mismo que no abra riesgo de colapso del sistema.

Jr. San Martin	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	8920.61	0.2099	1.81	3.27
tramo 1-2	20768.47	0.6985	3.58	6.45
tramo 2-3	17535.49	1.1111	4.26	7.68
tramo 3-4	13149.05	1.4205	4.43	7.97
tramo 4-5	11810.52	1.6984	4.59	8.26
tramo 5-6	5354.75	1.8244	4.74	8.54
tramo 6-7	25838.28	2.4323	4.96	8.92

Jr. Sucre	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	2162.4	0.0509	1.96	3.53
tramo 1-2	11518.78	0.3219	3.09	5.56
tramo 2-3	15441.41	0.6852	3.82	6.87
tramo 3-4	7453.22	0.8606	3.79	6.82
tramo 4-5	14720.09	1.2069	4.07	7.32
tramo 5-6	5898.63	1.3457	4.37	7.87
tramo 6-7	20967.6	1.8390	4.44	7.99

Jr. Grau	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	11341.8	0.2669	2.85	5.14
tramo 1-2	5114.1	0.3872	3.27	5.89
tramo 2-3	15462.19	0.7510	3.87	6.97
tramo 3-4	7156.16	0.9193	3.84	6.90
tramo 4-5	18709.83	1.3596	4.30	7.74
tramo 5-6	8572.55	1.5613	4.32	7.77
tramo 6-7	12460.39	1.8544	4.44	7.99

Jr. Bolognesi	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	7908.66	0.1861	2.63	4.73
tramo 1-2	16165.02	0.5664	3.72	6.70
tramo 2-3	4686.04	0.6767	3.89	7.00
tramo 3-4	20025.45	1.1478	4.10	7.38

Jr. Luzuriaga	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	7534.36	1.3251	3.97	7.15
tramo 1-2	17244.06	1.7308	4.23	7.62

Av. Mariscal Cáceres	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	5090.51	0.1198	2.58	4.65
tramo 1-2	9029.74	0.3322	3.31	5.96
tramo 2-3	7523.35	0.3092	3.04	5.48
tramo 3-4	1868.18	0.3532	3.09	5.57

Jr. Raymondi	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 4-5	24338.89	1.1144	3.48	6.27

Jr. Los Cipreses	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	21114.28	0.4968	3.20	5.75

Jr. Los Sauces	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	12426.17	0.2924	2.96	5.32

Jr. Los Pinos	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	12208.06	0.2872	2.81	5.06

Pasaje H	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	6793.29	0.1598	2.51	4.53

Prolg. Alfonso Ugarte	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	31440.41	0.7397	2.98	5.37

Av. 9 de Octubre	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	15240	0.3586	3.53	6.35
tramo 1-2	9856.13	0.5905	3.16	5.68
tramo 2-3	17672.83	1.0063	3.36	6.05

Jr. Sáenz Peña	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	2378.24	0.0560	1.74	3.13
tramo 1-2	13413.05	0.3715	2.82	5.07
tramo 2-3	12763.6	0.6718	3.64	6.56

Jr. Córdova	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 3-4	27882.33	1.3279	4.44	7.99
tramo 4-5	14820.19	1.6766	4.64	8.36
tramo 5-6	17889.05	2.0975	4.93	8.87

Jr. Mariscal Cáceres	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	6827.82	2.2581	4.62	8.31

Jr. Santa Rita	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
Alcantarilla1Av.Daniel V	16223.51	0.3817	3.27	5.89

Jr. San Francisco	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
Alcantarilla2Av.Daniel V	15791.23	0.3715	3.19	5.74

Jr. Señora de la Asunción	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
Alcantarilla3Av.Daniel V	18475.66	0.4347	3.24	5.83

Jr. Santa Isabel	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
Alcantarilla4Av.Daniel V	18668.27	0.4392	3.21	5.79

Av. Noé Bazán Peralta	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	2128.92	0.0501	1.81	3.25
tramo 1-2	8718.00	0.2552	2.63	4.74
tramo 2-3	11268.22	0.5203	3.31	5.96

Carretera Central	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	22115.14	0.5203	2.98	5.36
tramo 1-2	12283.12	0.8093	3.35	6.03
tramo 2-3	9078.58	1.0229	3.68	6.62
tramo 3-4	14821.14	1.3716	3.82	6.88
tramo 4-5	6215.46	0.1462	1.83	3.29
tramo 5-6	18968.97	0.5925	2.66	4.78
tramo 6-7	6736.71	0.1585	1.54	2.78
tramo 7-8	5625.11	0.3024	2.02	3.63
tramo 8-9	7225.48	0.1700	1.79	3.23

Av. La Merced	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 0-1	20697.5	0.4870	3.05	5.50
tramo 1-2	12060.27	0.7707	3.49	6.28
tramo 2-3	13614.26	1.0911	3.99	7.19

Av. Daniel Villar	Área drenar (m2)	Q alcantarilla (m3/seg)	Velocidad alcantarilla (m3/seg)	Velocidad Tubería (m3/seg)
tramo 1-2	15223.51	0.3582	2.15	3.87
tramo 2-3	14791.23	0.7062	2.98	5.36
tramo 3-4	16475.66	1.0938	3.51	6.31
tramo 4-5	15668.27	1.4625	3.95	7.10
tramo 5-6	5119.61	1.5829	4.07	7.32

ANEXO N° 9. AREAS TRIBUTARIAS ZONA URBANA (CARAZ)

TABLA DE AREAS TRIBUTARIAS		
ID DE TRIBUTARIA	ÁREA (m2)	AREA (ha)
Jr. San Martin		
tramo 0-1	8920.61	0.892061
tramo 1-2	20768.47	2.076847
tramo 2-3	17535.49	1.753549
tramo 3-4	13149.05	1.314905
tramo 4-5	11810.52	1.181052
tramo 5-6	5354.75	0.535475
tramo 6-7	25838.28	2.583828
Jr. Sucre		
tramo 0-1	2162.40	0.216240
tramo 1-2	11518.78	1.151878
tramo 2-3	15441.41	1.544141
tramo 3-4	7453.22	0.745322
tramo 4-5	14720.09	1.472009
tramo 5-6	5898.63	0.589863
tramo 6-7	20967.60	2.096760
Jr. Grau		
tramo 0-1	11341.80	1.134180
tramo 1-2	5114.10	0.511410
tramo 2-3	15462.19	1.546219
tramo 3-4	7156.16	0.715616
tramo 4-5	18709.83	1.870983
tramo 5-6	8572.55	0.857255
tramo 6-7	12460.39	1.246039
Jr. Bolognesi		
tramo 0-1	7908.66	0.790866
tramo 1-2	16165.02	1.616502
tramo 2-3	4686.04	0.468604
tramo 3-4	20025.45	2.002545
Jr. Luzuriaga		
tramo 4-5	7534.36	0.753436
tramo 5-6	17244.06	1.724406
Av. Mariscal Cáceres		
tramo 0-1	5090.51	0.509051
tramo 1-2	9029.74	0.902974
tramo 2-3	7523.35	0.752335
tramo 3-4	1868.18	0.186818
Jr. Raymondi		
tramo 4-5	24338.89	2.433889
Jr. Los Cipreses		
tramo 1-2	21114.28	2.111428
Jr. Los Sauces		
tramo 1-2	12426.17	1.242617
Jr. Los Pinos		
tramo 1-2	12208.06	1.220806
Prolong. Alfonso Ugarte		
tramo 1-2	31440.41	3.144041

Av. 9 de Octubre		
tramo 0-1	15240.00	1.524000
tramo 1-2	9856.13	0.985613
tramo 2-3	17672.83	1.767283
Jr. Sáenz Peña		
tramo 0-1	2378.24	0.237824
tramo 1-2	13413.05	1.341305
tramo 2-3	12763.60	1.276360
Jr. Córdoba		
tramo 3-4	27882.33	2.788233
tramo 4-5	14820.19	1.482019
tramo 5-6	17889.05	1.788905
Jr. Santa Rita		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	16223.51	1.622351
Jr. San Francisco		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	15791.23	1.579123
Jr. Señora de la Asunción		
Alcantarilla2-Av.Daniel V.	18475.66	1.8475.66
Jr. Santa Isabel		
Alcantarilla2-Av.Daniel V	18668.27	1.866827
Av. Noé Bazán Peralta		
tramo 0-1	2128.92	0.212892
tramo 1-2	8718.00	0.871800
tramo 2-3	11268.22	1.126822
Carretera Central		
tramo 0-1	22115.14	2.211514
tramo 1-2	12283.12	1.228312
tramo 2-3	9078.58	0.907858
tramo 3-4	14821.14	1.482114
tramo 4-5	6215.46	0.621546
tramo 5-6	18968.97	1.896897
tramo 6-7	6736.71	0.673671
tramo 7-8	5625.11	0.5625.11
tramo 8-9	7225.48	0.722548
Av. La Merced		
tramo 1-2	20697.50	2.069750
tramo 2-3	12060.27	1.206027
tramo 3-4	13614.26	1.361426
Av. Daniel Villar		
tramo 1-2	16223.51	1.622351
tramo 2-3	15791.23	1.579123
tramo 3-4	18475.66	1.847566
tramo 4-5	18668.27	1.866827
tramo 5-6	6119.61	0.611961

ANEXO N° 10. DATOS METEREOLÓGICOS CERTIFICADOS

Estación Meteorológica San Pedro – Caraz (COORPORACION ROOTS PERU)					
ID	Equipo	Nombre Estación	Altitud	latitud	longitud
EM-SP	IMETOS AG (Field climate I)	San Pedro	2,200 m.s.n.m	- 9.031335°	- 77.837932°

ANEXO N° 11. PLANOS

- Plano de Ubicación y localización de la zona en estudio
- Plano de la ciudad de Caraz
- Plano Topográfico de la Zona de Estudio
- Plano de Áreas Tributarias de la Zona en Estudio
- Plano de Sistema de Colectores Pluviales de la Zona Urbana