

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA
MOLINA DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA”**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Presentado por:

Bach. CHUQUIMANGO CHILÓN, Oscar.

Asesor:

Dr. Ing. GASPAR V. MENDEZ CRUZ

CAJAMARCA – PERÚ

2022

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por bendecirme y fortalecerme durante todos los días. A la Universidad Nacional de Cajamarca, por haberme acogido para ser un profesional capacitado, en especial a la escuela académico Profesional de Ingeniería Civil, por ser mi formadora intelectual a través de sus docentes. A mi asesor Dr. Ing. Gaspar V. Méndez Cruz por orientarme a realizar el presente informe de tesis.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos porque creyeron en mí y me forjaron a ser un profesional de éxito. Este trabajo es para ustedes que me ayudaron e impulsaron en todo momento a lo largo de mi carrera el cual hizo posible llegar hasta conseguir la meta anhelada.

INDICE

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
INDICE	iv
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
PALABRAS CLAVES	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problema de la investigación.	1
1.1.1. Contextualización del problema.	1
1.1.2. Descripción del problema.	2
1.1.3. Formulación del problema	3
1.2. Hipótesis.	3
1.3. Justificación e importancia de la investigación.	3
1.3.1. Justificación científica.	3
1.3.2. Justificación técnica práctica.	4
1.3.3. Justificación institucional y personal.	4
1.3.4. Justificación por relevancia social.	4
1.4. Delimitación de la investigación.	4
1.5. Limitaciones.	4
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo general.....	5
1.6.2. Objetivos específicos.	5
1.7. Organización de trabajo.....	5
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes teóricos.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	8
2.2. Bases Teóricas.....	10
2.2.1. Drenaje Pluvial.	10
2.2.2. Importancia de los Drenajes Pluviales.	10

2.2.3. Un sistema de drenaje pluvial urbano comprende:	11
2.2.4. Evaluación del sistema de drenaje pluvial.	11
2.2.5. Elementos principales del drenaje pluvial.....	17
2.2.6. Tipos de evacuación.	24
2.2.7. Operación y Mantenimiento de los Drenajes Pluviales	25
CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS.....	29
3.1. Ubicación de la zona de estudio.....	29
3.2. Metodología de la investigación.	32
3.2.1. Tipo de Investigación.....	32
3.2.2. Diseño de Investigación.....	32
3.2.3. Método de Investigación.....	32
3.2.4. Población de estudio.	34
3.2.5. Muestra.	34
3.2.6. Unidad de Análisis.....	34
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	34
3.3.1. Técnicas de recolección de datos.....	34
3.3.2. Instrumentos de recolección de Datos	35
3.3.3. Softwares utilizados.....	35
3.4. Descripción del sistema de drenaje pluvial del sector La molina.....	36
3.5. Condiciones físicas de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial.....	47
3.6. Evaluación hidráulica.	50
3.6.1. Cálculo de la capacidad que debe tener las cunetas existentes en las calles específicas del sector La Molina (Caudal de demanda).....	51
3.6.1.1. Recopilación de información	52
3.6.1.2. Áreas de influencia y tiempo de concentración.	53
3.6.1.3. Cálculo de los tiempos de concentración	58
3.6.1.4. Elección del periodo de retorno en drenaje urbano.....	60
3.6.1.5. Cálculo de intensidades.....	61
3.6.1.6. Determinación de caudal de demanda. (Q demanda).....	71
3.6.2. Capacidad de la cuneta existente en calles específicas del sector La Molina (Q de oferta). 74	
3.6.3. Velocidad de flujo en las cunetas existentes.....	78
3.6.4. Resultados cuantitativos de Baden.....	80
3.6.5. Resultados cuantitativos de canal de drenaje.....	83
3.7. Operación y mantenimiento (OyM) del sistema de drenaje pluvial.....	84
CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
▪ La evaluación de la capacidad de la cuneta.....	95

4.5. Encuesta a residentes del sector La Molina para realizar una evaluación.	101
4.6. Alternativas de solución para evitar inundaciones:	104
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	106
5.1. CONCLUSIONES	106
5.2. RECOMENDACIONES	108
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	109
CAPITULO VII: ANEXOS	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Periodos de retorno para diferentes tipos de Proyecto u obra.....	14
Tabla 2: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional.....	15
Tabla 3: Coeficiente de rugosidad de acuerdo con la superficie.....	17
Tabla 4: Velocidades máximas recomendadas en función de las características de los suelos.	20
Tabla 5: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) para badenes.	23
Tabla 6: Lista de pasajes en la Av. Moyococha que trasladan residuos sólidos a las cunetas.	38
Tabla 7: Progresivas de la Av. Moyococha, cuneta con sedimentación.	39
Tabla 8: Condiciones físicas de las cunetas del sector La Molina.	47
Tabla 9: Condiciones físicas de badén del sector La Molina.	48
Tabla 10: Condiciones físicas del canal de drenaje del sector La Molina.	48
Tabla 11: Condiciones físicas de la alcantarilla de cruce del sector La Molina.	49
Tabla 12: Pendientes de cunetas de calles del área de influencia del tema de investigación.	49
Tabla 13: Intensidades máximas – Estación WEBERBAUER (MM/HR)	52
Tabla 14: Áreas de influencia o áreas tributarias.	55
Tabla 15: Tiempo de concentración en calles del sector La Molina.	59
Tabla 16: Elección de Periodo de Retorno.....	60
Tabla 17: Intensidades máximas – Estación WEBERBAUER (MM/HR)	61
Tabla 18: Intensidades máximas ordenadas – Estación WEBERBAUER (MM/HR)	63
Tabla 19: Resumen con valores de T en años para cada registro de las intensidades máximas.	65
Tabla 20: Tiempos de Concentración (min) para cálculo de intensidades con la ecuación obtenida en HidroEsta.	69
Tabla 21: Intensidades máximas de las calles Polonia, Dinamarca, Austria, Italia, Croacia, Alemania y la avenida Moyococha.	70
Tabla 22: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional.....	72
Tabla 23: Capacidad de la cuneta existe en las calles (caudal de demanda).....	73
Tabla 24: Dimensiones y valores de la sección transversal de las cunetas existentes.	75
Tabla 25: Capacidad de la cuneta existe en las calles (caudal de oferta).....	77
Tabla 26: Velocidades de flujo en las cunetas de las calles principales.	78

Tabla 27: Pendientes trasversales de badenes en el sector La Molina.	80
Tabla 28: Resultados de velocidades en badenes.	82
Tabla 29: Resultados de pendientes de canal de drenaje.	83
Tabla 30: Resultados de velocidades en el canal de drenaje.	84
Tabla 31: Resultados según observación en campo: sedimentación existente en cunetas.	85
Tabla 32: Evaluación de ancho de las cunetas del sector La Molina.	88
Tabla 33: Evaluación de pendiente de canal de drenaje.	92
Tabla 34: Evaluación de velocidades del canal de drenaje.	92
Tabla 35: Evaluación de cuenta: Pendiente longitudinal.	93
Tabla 36: Evaluación de la capacidad de la cuneta en las calles de La Molina.	95
Tabla 37: Evaluación de cuenta: pendiente longitudinal de flujo.	97
Tabla 38: Evaluación de cuenta: velocidad de flujo.	98
Tabla 39: Evaluación del mantenimiento de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial.	100

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sección de cuneta triangular- dimensiones a considerar en un diseño.....	18
Figura 2: Relaciones geométricas para una sección triangular con taludes diferentes.	19
Figura 3. Mapa del Perú - Región de Cajamarca.	29
Figura 4 : Ubicación en el mapa “sector la Molina”-Baños del Inca - Cajamarca.	30
Figura 5 : Forma y Ubicación geográfica y coordenadas UTM – WGS84 – Zona 17M.....	31
Figura 6. Seccion típica de cuneta de la Av. Moyococha.	37
Figura 7: Lote del señor Trinidad, la tierra descende a la cuneta.	39
Figura 8: Calle Andrés Gonzales (Trocha), el cual hace que la sedimentación aumente.	40
Figura 9: Acumulación de sedimentos en la cuneta de la Av. Moyococha.	40
Figura 10: Tubería PVC 2” instalada en la cuneta.....	41
Figura 11: Calle inundada de la Av. Moyococha.	42
Figura 12: Sección típica de cuneta del resto de calles.....	43
Figura 13: Sección de inicio del canal de drenaje en la calle Croacia (Corte A-A).	44
Figura 14: Final del canal de concreto armado, su base está bajo el nivel del agua.	45
Figura 15: Detalle: Planta - Badén.....	46
Figura 16: Detalle de badén: Corte A-A.	46
Figura 17: Área de estudio- Plano de AT-01.	53
Figura 18: Delimitación de la cuenca - área a drenar.	54
Figura 19: Resultado de la ecuación de intensidad máxima en el Software HydroEsta.....	68
Figura 20: Sección Típica de Cuneta triangular de calles.....	74
Figura 21: Secciones típicas de las cunetas del Sector La Molina.....	75
Figura 22: Características geométricas del badén.....	81
Figura 23: Ubicaciones de tramos del canal de drenaje.....	92
Figura 24: Evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina en épocas de precipitaciones pluviales.	101
Figura 25: Operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina.	102
Figura 26: Calle o calles en especifica que presencié inundaciones producto de las precipitaciones pluviales.	103

PALABRAS CLAVES

- **Sistema de drenaje pluvial.** Es un conjunto de tuberías, colectores e instalaciones adicionales que capta el agua de las precipitaciones pluviales y posibilita el vertido, para prevenir daños materiales y humanos.
- **Cuneta.** – Es una estructura hidráulica abierta, sentido longitudinal y estrecha, dedicado netamente al traslado de agua pluvial, generalmente ubicado al margen derecho e izquierdo de la calzada o pista.
- **Escorrentía.** - Es la fracción de la precipitación que llega a fluir a las corrientes superficiales, sean continuas o regulares de una cuenca.
- **Precipitaciones.** – Es la etapa del ciclo hidrológico que implica la caída de agua desde la atmosfera a la superficie.
- **Inundaciones.** – Son uno de los desastres naturales más comunes y devastadores en la tierra.
- **Rebalsar.** - Salida de líquido por encima de los bordes permitidos de la estructura hidráulica que lo contiene.
- **Canal de drenaje.** – Es un elemento constructivo que se usa para captar y direccionar las aguas pluviales hacia una zona segura.
- **Sedimentación.** – Es el proceso por el cual los materiales transportados por la escorrentía se depositan en la base de los causes de un río o estructuras construidas.
- **Agua pluvial.** - Agua originado de las precipitaciones naturales.
- **Caudal o gasto.** – Representa el volumen por unidad de tiempo, el valor o cantidad se encuentra por métodos hidrológicos u otros debidamente sustentados.
- **Eje.** - Línea principal que indica el alineamiento de una vía, conducto o canal.
- **Intensidad de precipitación.** – Altura o lámina que alcanza producto de la precipitación pluvial (lluvia) en un área por unidad de tiempo. Se expresa generalmente en milímetro por hora (mm/h).
- **Pendiente longitudinal.** -Desnivel que tiene la estructura con respecto a su eje longitudinal.
- **Tiempo de concentración.** - Tiempo que tarda una partícula de lluvia a partir del punto más alejado de la cuenca hasta el punto de interés.

RESUMEN

Cajamarca en los meses de invierno recibe fuertes precipitaciones pluviales y en algunas zonas (parte baja) del sector La Molina, sufre inundaciones, rebalse de agua pluvial y la existencia de sedimentación en sus obras de arte a pesar de tener una cierta infraestructura de drenaje. La presente investigación tiene como objetivo evaluar el sistema de drenaje pluvial, como primer paso se realiza la descripción e inspección en una ficha de campo del sistema en el cual se detalla (cunetas, badenes, alcantarilla de cruce y canal de drenaje) y conjuntamente se realiza la evaluación de las condiciones físicas; posteriormente se realiza el levantamiento topográfico y poder realizar la evaluación hidráulica (el cálculo se sustenta en las metodologías de Manning y Método Racional apoyado de las normas y herramientas computacionales) en una área a drenar de 27.87 ha. y finalmente se evalúa la operación y mantenimiento (OyM). Concluyendo que las cunetas son 100% triangulares, el 100% el tipo de evacuación es por gravedad, cuenta con un buen estado de sus estructuras, la poca capacidad del 78% de las cunetas de calles principales evaluadas es que existe rebalse en sus estructuras e inundaciones en la parte baja, la falta de pendiente y velocidad (27% en cunetas, tramo 4 y 5 del canal de drenaje y 77% en badenes) acumulan sedimentación y materiales sólidos y finalmente su OyM el 100% de la infraestructura están descuidados. Todo ello consta tener un sistema de drenaje pluvial deficiente y la coherencia con los resultados obtenidos.

ABSTRACT

Cajamarca in the winter months receives heavy rainfall and in some areas (lower part) of the La Molina sector, it suffers floods, overflow of rainwater and the existence of sedimentation in their works of art despite having a certain drainage infrastructure. The present research aims to evaluate the storm drainage system, As a first step, the description and inspection is carried out in a field sheet of the system in which it is detailed (gutters, speed bumps, crossing sewer and drainage channel) and together the evaluation of physical conditions is carried out; Subsequently, the topographic survey is carried out and the hydraulic evaluation can be carried out (the calculation is based on the methodologies of Manning and Rational Method supported by norms and computational tools) in an area to be drained of 27.87 ha. and finally the operation and maintenance (O&M) is evaluated. Concluding that the ditches are 100% triangular, 100% the type of evacuation is by gravity, It has a good condition of its structures, the low capacity of 78% of the ditches of main streets evaluated is that there is overflow in its structures and floods in the lower part, the lack of slope and speed (27% in ditches, section 4 and 5 of the drainage channel and 77% in speed bumps) accumulate sedimentation and solid materials and finally your O&M 100% infrastructure is neglected. All this consists of having a deficient drainage system and consistency with the results obtained.

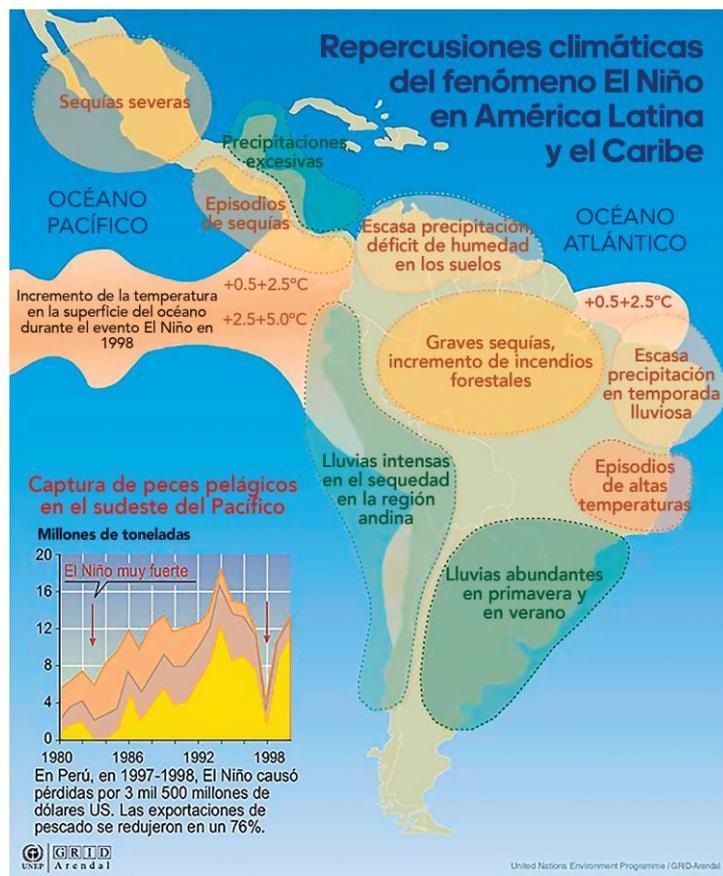
CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Contextualización del problema.

Los principales peligros naturales que amenazan a las localidades de Cajamarca y Los Baños del Inca están vinculados con fenómenos de origen climático, debido a la presencia de períodos de lluvias extraordinarias ya que no siempre sea asocia al Fenómeno del Niño, por lo tanto, es necesario tomar conciencia de esta situación donde en eventos extraordinarios se producen daños en una ciudad y sus alrededores. Las inundaciones o desbordamiento de agua pluvial se deben al déficit de sobrecarga hidráulica, pendiente, curso de sedimentación y disminución de la sección del cauce por el trasporte de sedimentos y residuos sólidos (INDECI-PNUD-PER/02/051, 2005).

Figura 1: Trascendencias climáticas del Fenómeno El Niño en América Latina y el Caribe



Fuente: IGP, 2019.

Por otro lado, el Desarrollo Urbano es el proceso por el cual las zonas crecen positivamente, hacia mejores condiciones de vida donde las estructuras, servicios de drenaje, los equipamientos y las actividades urbanas, deben garantizar el bienestar de los habitantes (INDECI-PNUD-PER/02/051, 2005).

A menudo se observa que varias ciudades de nuestro país generalmente ubicado en la sierra y selva son azotados por fuertes precipitaciones, como consecuencia de ello ocurrieron inundaciones debido a que no cuenta con sistema de drenaje adecuado y la de mantenimiento. Baños del Inca es un distrito de Cajamarca (ciudad de la sierra), en los meses de invierno recibe fuertes precipitaciones pluviales y en algunas zonas (parte baja) de la misma, el sector La Molina, sufre inundaciones, a pesar de tener una cierta infraestructura de drenaje.

Cabe mencionar que según decreto supremo se declara el Estado de Emergencia en algunos distritos de varias provincias del departamento de Cajamarca, por impacto de daños ante la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales para los distritos de Cajamarca y Baños del Inca siendo este último que acoge al sector La Molina de la presente investigación. (DS. 017-PCM, 2022).

La declaratoria de emergencia y evidencias de incomodidades e inundaciones en algunas calles específicas producidos desde años atrás, se ha optado por hacer una evaluación del sistema de drenaje el cual es de mucha importancia para la población.

1.1.2. Descripción del problema.

Los Baños del Inca, así como la localidad de Cajamarca presenta un régimen pluviométrico variable durante todo el año, las precipitaciones mínimas se presentan entre los meses de mayo a setiembre y las máximas precipitaciones entre los meses de enero a marzo. Cabe recalcar que el calentamiento global de la Tierra ha agravado estas amenazas.

Cada año se han registrado inconvenientes e inundaciones en dicho sector (parte baja), con la nueva obra ejecutada por la municipalidad ha minorado las inundaciones en algunas calles, pero en las partes bajas se mantienen, dichas calles son Av. Moyococha, Prolongación Croacia, Bulgaria y Alemania. Las lluvias han provocado el deterioro de la pavimentación, produciéndose así malestar en la población y los visitantes, para ello es

preciso levantar información técnica respecto a este problema ya que en la actualidad no existe un proyecto que busque solucionarlo.

Las cunetas cuentan con sedimentación acumulada y residuos sólidos debido a la poca pendiente y velocidad de flujo, en las rejillas de rampas y para vehículos existe residuos sólidos y para su operación es dificultoso ya que están fijadas o soldadas en ambas caras lo cual necesita mantenimiento periódicamente. Dichas cunetas tienen dimensiones de 0.50x0.15m en la Av. Moyococha y 0.40x0.15m en las demás calles, según observación técnica las cunetas de las calles principales recaudadoras de caudal su capacidad es insuficiente para el traslado de agua pluvial siendo el caudal de oferta menor al caudal de demanda, debido a ello es que se produce rebalses a la pavimentación e inundaciones en las partes bajas de cada calle.

En el canal de drenaje ubicado en la calle Croacia, existe un problema de descarga libre, y además desde la intersección de la calle Croacia y Suiza hasta el final existe mucha sedimentación de material orgánico y residuos sólidos provocando reducción de la sección de cause, debido a la falta de pendiente y velocidad de flujo, y la falta de operación y mantenimiento del canal natural y canal de concreto armado ocasiona inundación por completo en toda la calle de la Prolongación Croacia y la esquina de la calle Bulgaria cuadra C4.

1.1.3. Formulación del problema

¿Cuáles son las condiciones del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca, producto de las precipitaciones existentes?

1.2. Hipótesis.

El sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca es deficiente porque existe rebalse en las estructuras e inundaciones producto de las precipitaciones.

1.3. Justificación e importancia de la investigación.

1.3.1. Justificación científica.

Para la elaboración del presente trabajo nos ceñimos a los métodos científicos: aplicada y cuantitativa, descriptivo/ no experimental e inductivo. Por lo cual, presentamos el

problema, hipótesis, los objetivos y probables soluciones a la deficiencia del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina.

1.3.2. Justificación técnica práctica.

Dicho trabajo de investigación se ha realizado en una obra ejecutada en el sector La Molina que pertenece al distrito de los Baños del Inca, donde existe deficiencias en su sistema de drenaje pluvial a pesar de tener una infraestructura y a través de los resultados va a permitir tomar acciones necesarias.

1.3.3. Justificación institucional y personal.

Se justifica institucionalmente porque a través del desarrollo se contribuye a mejorar la imagen de la universidad, así como formalizar fuentes de consulta que genera un conocimiento válido y con criterio científico. Y en lo personal, se justifica porque mediante esta investigación permite la superación del sustentante, conseguir un logro académico como es la graduación y obtener un título profesional.

1.3.4. Justificación por relevancia social.

Se justifica por relevancia social porque beneficia a la población afectada por las constantes inundaciones en la parte baja de las calles que se producen en tiempos de lluvias o avenidas máximas y va a permitir mejor la calidad de vida cotidiana de la población.

1.4. Delimitación de la investigación.

La presente investigación se desarrollará en las calles de Av. Moyococha, Croacia, Italia; Austria, Dinamarca, Polonia, Irlanda, Holanda, Suiza, Bulgaria y Alemania, con un área de drenaje 27.87ha, en la localidad de La Molina del distrito de Los Baños del Inca- Provincia de Cajamarca -Departamento de Cajamarca, de donde obtendremos la información suficiente para desarrollar el presente estudio.

1.5. Limitaciones.

- Levantamiento topográfico para áreas tributarias en la parte alta de la Av. Moyococha, debido a la presencia de obstáculos, relieve el cual tiene una superficie de diferentes variaciones, vegetación y viviendas.

- Recopilación de la información hidrológica hasta el año 2022. Debido a que Senamhi solo cuenta con base de datos hidrológicos sobre intensidades máximas para ciertos periodos de tiempos hasta el año 2015.

1.6. Objetivos.

1.6.1. Objetivo general.

- Evaluar el sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca

1.6.2. Objetivos específicos.

- Describir el sistema de drenaje del sector La Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca.
- Evaluar las condiciones físicas (tipo de material, roturas y fisuras) para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.
- Evaluar hidráulicamente para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca.
- Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca - Cajamarca.

1.7. Organización de trabajo.

Se estructura de la siguiente manera: El capítulo I. Introducción; el capítulo II. Marco teórico; el capítulo III. Materiales y métodos; el capítulo IV. Análisis y discusión de resultados; el capítulo V. Conclusiones y recomendaciones; el capítulo VI. Referencias Bibliográficas y el capítulo VII. Anexos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- **El estudio realizado por Cipponeri, Jessica Ailén Biagioni y Guillermo Larrivey (2017), “HACIA EL RIESGO HÍDRICO: VULNERABILIDAD DE LA POBLACIÓN A PRECIPITACIONES EXTRAORDINARIAS”,** a raíz que se han producido precipitaciones, se han inundado la Región Capital (Municipios de La Plata, Ensenada y Berisso) provincia Buenos Aires entre los años 1962, 1980, 1990, 1998, 2002, 2008 y 2013, donde en el último año registrado hubo 80 víctimas fatales. Este estudio tiene como objetivo principal determinar la vulnerabilidad de la población a precipitaciones extraordinarias que exceden la capacidad del sistema de drenaje pluviales, se realiza el análisis de acuerdo la combinación de variables de densidad de población, geomorfología, calidad de materiales y precariedad de las viviendas, comprendida en el área de la cuenca alta y media del Arroyo de Gato y Maldonado. Determina que el riesgo es el producto a la amenaza por la vulnerabilidad, por lo que, la vulnerabilidad se determina en función de la geomorfología de la cuenca, la posición de la población dentro de la misma, la densidad poblacional y la calidad de los materiales de las viviendas. Para los grados de vulnerabilidad se propone una escala de cinco intervalos de muy alta (5) hasta muy baja (1). Este método puede ser aplicado en cuencas urbanas, ajustándose según las condiciones que se presenten, la obtención de datos fiables y la realización de los estudios adecuados.
- **El proyecto de Galindo Rodríguez y Javier Ricardo (2014), “EVALUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA ACTUAL DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL BARRIO MADELENA LOCALIDAD CIUDAD BOLÍVAR (BOGOTÁ)”**, en este proyecto busca evaluar el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial de dicha zona en base a la selección de información técnica y aplicación de una modelación hidráulica. La evaluación del sistema de drenaje pluvial se logró identificar las falencias, el diámetro de algunos tramos de las tuberías no es capaces de evacuar la totalidad del caudal generado por las lluvias, es ahí donde se produce el colapso y por consiguiente inundaciones, en este proyecto sugiere reemplazar por tuberías de mayor diámetro, además se identificaron mala ubicación de sumideros y falta de mantenimiento de la red pluvial. También ha identificado que la exposición de agua pluvial sobre el pavimento perjudica la estructura, haciendo que esta tenga la presencia de fisuras,

grietas y desprendimiento del afirmado en distintos sectores del área estudiada. El software utilizado para la modelación hidráulico se utilizó STORMCAD, el cual es un programa eficaz para comprobar las condiciones existentes y de diseño.

- **En la tesis de Divaldo Domingos Da Silva (2015), “ESTRATEGIA PARA EL DISEÑO DE REDES DE DRENAJE PLUVIAL, EMPLEANDO LA MODELACIÓN MATEMÁTICA, PARA SU APLICACIÓN EN LA CIUDAD DE LUANDA”**, en esta tesis tiene como objetivo de contrastar o comparar el diseño de un sistema de drenaje pluvial elaborado por la Unidad Técnica de Gestión y Saneamiento de Luanda (UTGSL) y un nuevo diseño de modelación matemática propuesto en esta investigación. Se elabora un procedimiento partiendo de las herramientas de modelación espacial y temporal, para diagnosticar el estado actual de la zona de estudio para obtener criterios sobre los peligros de inundaciones ante precipitaciones pluviales intensas. Ambos diseños fueron revisados con programas computarizados en distintas fases: se realiza la etapa de procesamiento de datos al nuevo diseño para procesando un modelo interpolado geoestadísticamente óptimo (kriging), que posibilita simular escurrimientos en la superficie, luego la etapa de diseño donde usa el software SewerUp que generando un diseño accesible y económico. Con ser económico favorece a la población africana que disponen de pocos recursos, pero debe tener servicio en condiciones buenas. Para el diseño se consideró un periodo de 10 años lo que permitió comprobar los niveles de descargas máximos en la red de drenaje pluvial ($t=3$ horas) resultando para dicho tiempo no se detecta inundaciones hacia las calles desde los registros de la red.

- **En la tesis de Jessica Rivadeneira Molina (2012), “DISEÑO DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PLUVIAL DEL BARRIO “LA CAMPIÑA DEL INCA” CANTON QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA”**, en esta tesis se plantea una solución de acuerdo a las características económicas, topográficas y geológicas de la zona un sistema de drenaje pluvial con la finalidad de mejorar las condiciones de vida de los habitantes del barrio La Campiña Inca en Ecuador. Con un área de 30 hectáreas de terreno. Para dicha investigación se recolectó datos pluviométricos, estudios hidrológicos, topográficos, estudio sobre impacto ambiental y climatológicos. Para el diseño se ha usado fórmulas de normas y temas de investigaciones citadas, concluyendo que es necesario usar tuberías de PVC, lo que facilita su proceso constructivo, reduce el volumen a extraer en la excavación, lo que es relleno y finalmente la compactación.

El aporte de la investigación es que se evite deslaves de quebradas y favorezca a la población de del barrio la Campiña del Inca, Canton Quito.

- **En la tesis de Heredia C. (2017)** “*EVALUACIÓN DE LA SERVICIABILIDAD DE LAS OBRAS DE DRENAJE PLUVIAL DEL TRAMO DE LA CARRETERA CUÑUMBUQUE – ZAPATERO – 2016*” Esta investigación evalúa la serviciabilidad de las obras de drenaje pluvial con las fichas de observaciones y registros del manual para la inspección visual de estructuras de drenaje de la República de Colombia, el objetivo es identificar en qué estado se encuentra las cunetas y fallas que presentan las cunetas de una carretera, contando con una población y muestra de 8 km, de la evaluación del tramo se encontró una serviciabilidad de 41.39% de las obras de drenaje pluvial longitudinal. Se obtuvo como función complementaria para elaborar un expediente técnico de Mantenimiento Rutinario.

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

- **En la tesis de Yáñez. (2014)**, “*EFICIENCIA DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL EN LA AV. ANGAMOS Y JR. SANTA ROSA*”, evalúa la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en las Av. Angamos y Jr. Santa Rosa de la ciudad de Cajamarca. En la evaluación izo partcipe a la población atreves de una encuesta donde logró información de tramos en con poca eficiencia de forma descriptiva, daños causados por el deficiente sistema de drenaje y el periodo de mantenimiento. Para cálculos hidráulicos se usó la información de una estación próxima, información relacionada al diseño hidráulico y registros de un pluviograma. Concluye en dicha investigación que el sistema de drenaje no cumple con la capacidad hidráulica para el diseño de caudal de 0.289 m³/s y de 0.374 m³/s para un periodo de retorno de 2 y 10 años respectivamente tomando en cuenta como base el reglamento nacional de edificaciones lo que requiere aumentar su capacidad o hacer que se construya un colector el cual fue analizado con el software Storm Water Management Model. Finalmente se constató de tramos con sedimentación y no tenían un mantenimiento.

- **En la tesis de Rojas y Humpiri (2016)**, “*EVALUACIÓN, DISEÑO Y MODELAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DE LA CIUDAD DE JULIACA CON LA APLICACIÓN DEL SOFTWARE SWMM*”, con dicho trabajo evalúa un proyecto de drenaje pluvial en Juliaca, luego se compara con un diseño realizado

con el programa computarizado de Storm Water Management Model (SWMM). Para este último diseño u obtener las características del nuevo sistema de drenaje se empleó el expediente técnico, se extrajeron información de los estudios hidrológicos, topográficos y datos pluviométricos de dicho expediente. Se concluye que el proyecto base de Juliaca no posee sustento técnico ya que no considera la deficiencia de las estructuras y la contaminación de un río llamado Torococha. Según análisis denotan diferencias de rangos hasta los 400m en los puntos topográficos, usan periodos de periodo de retorno de 10 años entre tanto el RNE fija un periodo de 25 años. Para la presente investigación se usa información nueva y se procesa en programas para concluir con un nuevo diseño de acuerdo a las condiciones de Juliaca.

- **En la tesis de Granda, R. (2013).** *“ANÁLISIS NUMÉRICO DE LA RED DE DRENAJE PLUVIAL DE LA URB. ANGAMOS”*, En este tema presenta una modelación numérica para diseño y análisis de proyectos de drenaje que se calculan en poco tiempo que al emplear el método racional. Lo que se hace es relacionar fenómenos naturales a modelos numéricos, el software Storm Water Management Model es aplicado para sistema de drenaje puesto en la urb. Angamos en la localidad de Piura con el que se analiza la información pluviométricos, resultando para condiciones normales o acostumbrados de hasta 67mm/h el sistema es eficiente, no obstante, ante los fenómenos del niño como la de 1988 que produjo intensidades entre los 86 y 96 mm/h, el drenaje puede superar un 23% de su capacidad, por lo que, se producirían daños e incomodidad con desbordes en la localidad.

- **En la tesis de Herrera Gonzales (2021),** *“EVALUACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE CUNETAS DEL SECTOR NUEVO CAJAMARCA – CAJAMARCA, 2021”*, el objetivo es evaluar el funcionamiento de las cunetas del sector Nuevo Cajamarca de la ciudad de Cajamarca en Nuevo Cajamarca y la Paz y Av. San Martín de Porres, es un estudio de tipo descriptivo no experimental donde se utilizaron fichas de recolección de datos para evaluar las dimensiones geométricas y el estado para ser contrastado con la norma (OS.060 Drenaje Pluvial – Reglamento Nacional de Edificaciones), obteniendo que el 100% de las cunetas son tipo triangular y se encuentran obstruidas por sedimentos y residuos sólidos, en su totalidad las cunetas no cumplen el ancho mínimo según norma y el 52% no cumplen con la altura mínima, finalmente el 76% no cumplen

con la pendiente mínima. Lo que concluye que no presenta mantenimiento y no cumple las disposiciones de la norma, por tal motivo el sistema de drenaje es deficiente.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Drenaje Pluvial.

Drenajes pluviales son aquellos que transportan el agua de lluvia a zonas donde no ocasionan daños. Es el medio por el que el agua contenida en un lugar fluye a través de la superficie o de infiltraciones en el terreno; bien sea, por tuberías, sumideros o trampas, con sus conexiones, el cual permite el desalojo de líquidos, existente en una población. (Díaz CH., 2011)

Toda habilitación urbana de forma obligatoria debe tener una infraestructura de drenaje pluvial conforme con los planes de desarrollo que existan en la jurisdicción con enfoque de gestión de riesgo de desastres y con capacidad adecuado para asegurar la escorrentía de las aguas pluviales y permita su adecuada conducción al evacuar a fin de evitar inundaciones, para ello los gobiernos locales de nuestro país, son los encargados del cumplimiento de la obligatoriedad del drenaje pluvial. (NT.CE.040, 2021)

El sistema de drenaje urbano es un conjunto de actividades, tanto materiales o no físicas, encaminadas a evitar en lo posible, que las aguas pluviales ocasionen daños a las personas o a las propiedades y dificulten el normal desenvolvimiento de la población urbana; con el objetivo de lograr mejorar la calidad de vida de dichos habitantes. (Bolinaga I. &Franceschi A., 1979).

2.2.2. Importancia de los Drenajes Pluviales.

Los drenajes son importantes para el desarrollo normal de la vida cotidiana de la gente que habita un lugar determinado en una ciudad; su finalidad, es evitar al máximo los perjuicios a personas y propiedades causados por las lluvias; asimismo, preservan la integridad física de las vías garantizando el libre desenvolvimiento de la ciudadanía en épocas de grandes cambios meteorológicos (García , A. , 2009).

Por consiguiente, la protección del sistema de drenaje urbano está asociada a los riesgos de las estructuras construidas en ese entorno; a lo cual, puede ser destruido o

severamente dañado dentro de un cierto tiempo periodo de tiempo. La vida útil de la mayoría de los sistemas de drenaje urbano se ve afectada no sólo por la calidad de los materiales utilizados y el valor de la construcción, sino también por los estándares de planificación, diseño y cuidado en cuestión del ambiente en la zona en que se encuentren. (Paredes V. , 2014).

2.2.3. Un sistema de drenaje pluvial urbano comprende:

“Un sistema de drenaje pluvial incluye componentes y procesos que permiten la gestión de las aguas pluviales, desde la captación hasta la descarga o almacenamiento para asegurar su sostenibilidad y apoyar la salud, bienestar y el desarrollo económico de la población” (DL N° 1356- MVCS, 2018).

El sistema de drenaje comprende. (García G., 2012)

- **El medio físico e hidrológico**, cubre varias cuencas vertientes, incluidos ríos, escorrentías e infraestructura urbana (red de colectores, calles) que drenan las aguas de las precipitaciones que perjudica a las propiedades y habitantes de la zona urbana.
- **Procesos hidrológicos e hidráulicos**, relacionado con la lluvia: lo que genera la lluvia, la transformación de aguas pluviales a escorrentía y transporte del fluido a través redes de drenaje hasta el medio receptor o filtrado al terreno.

2.2.4. Evaluación del sistema de drenaje pluvial.

Esto implica expresar un juicio en base a una investigación minuciosa, obteniendo información y datos sobre el sistema de drenaje pluvial con la finalidad de elaborar un plan de mejora.

Para la evaluación del sistema de drenaje se requiere conocer los parámetros establecidos en el diseño del drenaje de acuerdo a la norma técnica CE.040 del RNE del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje – MTC y temas de investigaciones valiosas.

Como parte de la planificación, evaluación y diseño de sistemas de drenaje pluvial se debe considerar lo siguiente (Department of E., 2013).

- Asegurar que el desalojo de las aguas pluviales no afecte las zonas aguas abajo; esto es: carreteras, viviendas y otras infraestructuras.
- Identificar criterios aceptables ante inundaciones.
- Evaluar y mitigar el impacto en el tránsito de peatones y vehículos durante la evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas.
- Bajo transporte de contaminantes.
- Menor riesgo de inundaciones aguas abajo.
- Reducir los costos de operación y mantenimiento de la infraestructura.

Además de considerarse los niveles de superficie libre del agua en los cauces a los que descargarán los sistemas de drenaje pluvial, asociados al periodo de retorno de diseño para la protección de la población. (MTC, 2008)

Estudios elementales para evaluar el sistema de drenaje pluvial

El estudio del drenaje urbano viene condicionado en gran medida por la disponibilidad (en cantidad y calidad) de los datos de lluvia y grado de conocimiento de la cuenca. Es preciso mejorar dicha información si se desea poder aprovechar las grandes posibilidades que actualmente ofrece la modelización numérica y optimizar de este modo las elevadas inversiones a realizar (García G. et. al., 2012).

Es necesario realizar estudios para obtener las características del lugar y proceder con la evaluación pertinente, comparar con las obras de arte existentes y ver su eficiencia de drenaje.

- **Área de drenaje:** Es necesario determinar el tamaño y forma de la cuenca o subcuencas a tomar en cuenta. El área se determina mediante mapas topográficos o por inspección en campo (NT.CE.040, 2021).
- **Escorrentía de precipitación:** Se ocasiona cuando el agua de lluvia supera la capacidad de infiltración que presenta el suelo debido a la duración o intensidad, el coeficiente de escorrentía indica el escurrimiento superficial, teniendo en cuenta la característica de la superficie, el tipo de área urbana, la intensidad de lluvia, la pendiente del terreno y el estado futura del proyecto (NT.CE.040, 2021).

- **Tiempo de concentración (tc):** Equivale a la suma del tiempo de ingreso (t_0), desde el punto más alejado de la cuenca hasta la entrada a una alcantarilla o a un canal, y del tiempo de flujo (t_f), es el tiempo dentro de una alcantarilla, canal o más componentes de la infraestructura. (NT.CE.040, 2021)

$$t_c = t_0 + t_f \dots\dots\dots \text{EC: (1)}$$

El tiempo de concentración puede ser estimado mediante fórmulas:

- Método de Kirpich (1940)

Fórmula para t_c (min)

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385} \dots\dots\dots \text{EC: (2)}$$

Donde:

L: Longitud de canal desde aguas arriba hasta la salida, m.

S: Pendiente promedio de la cuenca, m/m.

Nota: sin ajustes para flujo superficial en suelo descubierto o para flujo en cunetas.

- Método de California Culverts Practice (1942)

$$t_c = 0.01945 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \dots\dots\dots \text{EC: (3)}$$

Donde:

L: Longitud del curso del agua más largo, m

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y la salida, m

- **Periodo de retorno:** Para el diseño del drenaje pluvial el periodo de retorno es el intervalo de tiempo de recurrencia entre acontecimientos donde este alcanza a su capacidad máxima (NT.CE.040, 2021).

El período de retorno más corto (bajo) en drenaje urbano es de 5 a 10 años. Estos valores están usualmente asociados con áreas de drenaje menores a 100 ha. Para estas áreas, se puede utilizar el método racional para obtener la descarga pico.

Tabla 1: Periodos de retorno para diferentes tipos de Proyecto u obra.

Guía para la selección del tiempo de retorno	
Tipo de proyecto u obra	Período de retorno en años
Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
Drenaje rural [mediano riesgo] (más de 100 ha)	10 a 25
Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
Aliviadero principal (presas)	25 a 100
Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
Desarrollo de zona de inundación	100
Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10,000 (PMP)
Hidrograma de borde libre [para una presa de clase	10,000 (PMP)

Fuente: Miguel P., 2015.

Cuando se trata de un análisis de intensidades para cierto tamaño de muestra y obtener una ecuación se usa funciones de distribución de frecuencias, y se desea aplicar algún método estadístico para extrapolar dichos datos a periodos de retorno mayores al de las dimensiones, es necesario asignar un valor de T a cada dato registrado (Rinne, 2008).

Conviene usar las fórmulas empíricas de las cuales la más utilizada es la de Waloddi Weibull, porque elimina errores de frontera.

$$T = \frac{n+1}{m} \dots\dots\dots \text{EC: (4)}$$

T= periodo de retorno, en años.

n= es el número de orden correspondiente a cada valor de la serie ordenados en forma creciente,

m= es el tamaño de la muestra (número de datos de la serie)

El valor del periodo de retorno se determina en función de la posición de la variable aleatoria ($I_{\text{máx}}$, $P_{\text{máx}}$ o $Q_{\text{máx}}$) en una tabla de valores ordenados de mayor a menor.

- **Coefficiente de escorrentía.** Para la su selección, un diseñador deberá considerar los siguientes aspectos: Características de la superficie y pendiente de la superficie, características y condiciones del suelo (capacidad de infiltración, condiciones antecedentes de humedad, entre otros); además, puede considerar la intensidad de la precipitación, la proximidad del nivel freático o las aguas subterráneas, la capacidad de almacenamiento a través de las depresiones subterráneas, etc.

Para la selección de los coeficientes de escorrentía. (NT.CE.040, 2021)

Tabla 2: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional.

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58

<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: NT.CE.040, 2021.

- **Caudal de precipitación:** El caudal de diseño se puede obtener mediante el método racional, el hidrograma unitario u otros procedimientos de hidrología urbana, como modelos de simulación hidrológica (simulación de eventos y simulación continua). El método racional se puede utilizar para áreas de drenaje pequeñas (NT.CE.040, 2021).

Método racional.

Para áreas urbanas, el área de drenaje puede incluir sub áreas o subcuencas con diferentes características superficiales, y el caudal máximo o caudal pico se puede calcular utilizando la formula racional (NT.CE.040, 2021):

$$Q = 0.278 * i * \sum_{j=1}^m C_j * A_j \dots\dots\dots EC: (5)$$

$Q =$ Caudal pico en m^3/s

$i =$ Intensidad de la lluvia en $mm/hora$

$A_j =$ Área de drenaje de la $j - \acute{e}sima$ subcuenca. (Km^2)

$C_j =$ Coeficiente de escorrentia para la $j - \acute{e}sima$ subcuenca.

$m =$ Número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

- **Intensidad:** La intensidad de lluvia y duración están relacionadas, porque la intensidad determina la altura del nivel de agua acumulado durante un periodo de tiempo expresado en las unidades de mm/h mientras que la duración es la unidad de tiempo en minutos, es decir la lluvia depende del intervalo de tiempo en minutos (Comisión N., 2007).

La intensidad de lluvia cuya selección se basa en el tiempo de concentración para el área de drenaje en consideración y el periodo de retorno.

Las curvas de intensidad – duración – frecuencia se calculan indirectamente, mediante la relación exponencial integradora de las tres variables involucradas, para ello se realiza el análisis estadístico llegando a una ecuación de las curvas IDF, esto es la siguiente expresión:

$$I_{max} = \frac{KxT^a}{D^b} \dots\dots\dots \text{EC: (6)}$$

$I_{m\acute{a}x.}$ = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr

T= periodo de retorno en años

K, a, b= factores característicos de la zona de estudio, se obtiene mediante regresión simple.

D= duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min).

2.2.5. Elementos principales del drenaje pluvial.

A. Cunetas: Es una estructura hidráulica, situado en las vías pavimentadas, abierto al transporte de aguas pluviales (NT.CE.040, 2021).

Para evaluar la capacidad de la cuneta.

Principalmente la capacidad de las cunetas depende de su pendiente, sección transversal y rugosidad del material con que se construyan. La capacidad de conducción se calcula en general utilizando la Ecuación de Manning.

Tabla 3: Coeficiente de rugosidad de acuerdo con la superficie.

Tipo de cuneta o calzada	n de Manning
Cuneta de concreto con acabado paleteado	0,012
Calzada de asfalto	
Textura suave (o lisa)	0,013
Textura rugosa	0,016

Cuneta de concreto-calzada de asfalto	
Suave (o liso)	0,013
Rugoso	0,015
Calzada de concreto	
Acabado	0,014
Acabado escobillado	0,016
Para cunetas con pendiente pequeña, donde el sedimento puede acumularse, se incrementarán los valores antes indicados de n, en:	0,002

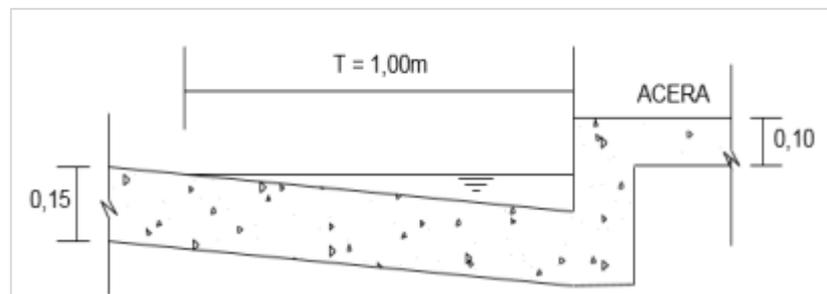
Referencia: USDOT, FHWA, HDS-3(36)

Fuente: NT.CE.040, 2021.

Las cunetas construidas para drenar el agua pluvial podrán tener las siguientes secciones transversales. (NT.CE.040, 2021)

- Cuneta Segmental
- Cuneta Triangular
- Cuneta Rectangular
- Cuneta Asfáltica
- Cunetas Trapezoidal
- Cuneta de cantos rodados.
- Cuneta de Grama.

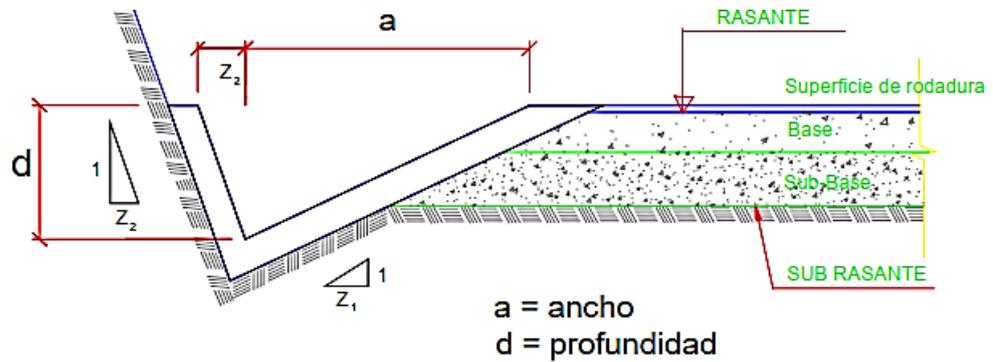
Figura 1: Sección de cuneta triangular- dimensiones a considerar en un diseño.



Fuente: NT.CE.040, 2021.

Para determinar la capacidad de una cuneta existente es necesario conocer las características geométricas de la cuneta y aplicar formulas hidráulicas.

Figura 2: Relaciones geométricas para una sección triangular con taludes diferentes.



Fuente: (Manual-MTC., 2008)

- **El radio hidráulico:**

$$R = \frac{d (Z_2 + Z_1)}{2(\sqrt{1 + Z_2^2} + \sqrt{1 + Z_1^2})} \dots\dots\dots \text{EC: (7)}$$

- **Área hidráulica (A):** es el área de la sección transversal ocupada por el líquido en un determinada estructura o conducto, para la canalización tendría un valor.

$$A = \frac{d^2 (Z_0 + Z_1)}{2} \dots\dots\dots \text{EC: (8)}$$

- **Caudal (Q):** Es la cantidad de líquido que fluye a través de una sección por unidad de tiempo. Para calcular la capacidad de una cuneta se emplea el principio del flujo en canales abiertos, utilizando la ecuación de Manning:

$$Q = \frac{\left(AxR^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}} \right)}{n} \dots\dots\dots \text{EC: (9)}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

V: Velocidad media (m/s)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R_h: A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado)

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning

- **Velocidad (V):** La velocidad media se puede determinar mediante la ecuación de la fórmula de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots \text{EC: (10)}$$

Tabla 4: Velocidades máximas recomendadas en función de las características de los suelos.

Características de los suelos	Velocidades máximas (m/s)
Canales en tierra franca	0.60
Canales en tierra arcillosa	0.90
Canales revestidos con piedra y mezcla	1.00
Canales con mampostería de piedra y concreto	2.00
Canales revestidos con concreto	3.00
Canales en Roca:	
pizarra	1.25
areniscas consolidadas	1.50
roca dura, granito, etc.	3 a 5

Fuente: Villón B., 2008.

- **Pendiente (i):**

La pendiente longitudinal de una cuneta debe estar entre la condición de autolimpieza y la que produciría velocidades erosivas. (Manual-MTC., 2008)

Es decir:

$$0.5\% < i < 2\%$$

Lo que debe evitarse es que la corriente no cause daños por erosión significativo en el canal o la superficie del cauce si la velocidad media no excede de los límites permitidos.

B. Colector

El drenaje de agua pluvial está constituido por un conjunto de colectores y subcolectores indispensables para evacuar la escorrentía superficial producida por precipitaciones y conducidos a un curso natural de agua o a una unidad de tratamiento (NT.CE.040, 2021).

Para colectores de alcantarillas de tubería de sección circular, el diámetro mínimo es de 0,45 m. Cuando se instale, la profundidad mínima a la clave de la tubería desde calzada de la pavimentación debe ser de 1 m o la profundidad mínima necesaria para soportar las cargas vivas y evitar roturas (NT.CE.040, 2021).

C. Alcantarillas: (Manual-MTC., 2008).

Alcantarilla es una estructura cuya luz sea menor a 6.0 m y su función es evacuar el flujo superficial procedentes de cursos artificiales o naturales que interceptan la carretera.

➤ **La ubicación en planta.**

Idealmente, debería seguir la dirección de la corriente, pero según necesidades o requerimiento de un proyecto se puede desplazar con estructuras adicionales como cajas reductoras de caudal.

➤ **Pendiente longitudinal**

Debe contener una pendiente de tal manera de que no altere los procesos geomorfológicos, como la sedimentación y erosión.

$$0.5\% < i < 2\%$$

➤ **Elección del tipo de alcantarilla.**

- En vías de comunicación de alto volumen de tránsito y que requieran limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de (36") o 0.90 m de diámetro o su equivalente de otra sección, excepto en cruces de canales de riego en el cual se adoptarán secciones conforme a cada diseño propio.
- Existen distintos tipos de alcantarillas utilizadas en proyectos de vías de comunicación o carreteras en nuestro país: tuberías metálicas corrugadas, tuberías de polietileno de alta densidad, marco de concreto y tuberías de concreto.

D. Badén:

Las estructuras tipo badén es una solución eficaz cuando el nivel de la rasante de la carretera coincide con el nivel de fondo del cauce del curso natural que atraviesa su alineamiento, por consiguiente, permite dejar pasar flujo de sólidos esporádicamente que se presentan con mayor intensidad en períodos lluviosos y donde no ha sido posible la construcción o proyección de un puente o alcantarilla.

La ventaja de las estructuras tipo badén es son los trabajos para su mantenimiento y limpieza se realizan de manera más eficiente y el riesgo de obstrucción es mucho menor (Manual-MTC., 2008).

- Pendiente transversal del badén. Según manual recomienda dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo entre 2% y 3%.
- La profundidad, velocidad media, área de la sección transversal y gasto son constantes en la sección del canal.
- Generalmente, se asume que el borde libre sea igual a la altura de agua entre el nivel de flujo máximo esperado y el nivel de la línea de energía, no obstante, se sugiere adoptar valores entre 0.30 y 0.50m.

La velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por la siguiente relación:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots \text{EC: (11)}$$

El gasto viene dado por la siguiente relación.

$$Q = VA \dots\dots\dots \text{EC: (12)}$$

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$V = \text{Velocidad media de flujo (m/s)}$

$A : \text{Área de la sección hidráulica (m}^2\text{)}$

$P : \text{Perímetro mojado (m)}$

$R : \text{Radio hidráulico (m)}$

$S : \text{Pendiente de fondo (m/m)}$

$n : \text{Coeficiente de Manning (Ver Tabla N}^\circ\text{ 05)}$

Tabla 5: Valores del Coeficiente de Rugosidad de Manning (n) para badenes.

TIPO DE CANAL		MÍNIMO	NORMAL	MÁXIMO		
B. CANALES REVESTIDOS	a. Acero liso					
	B.1 METAL	sin pintar	0.011	0.012	0.014	
		pintado	0.012	0.013	0.017	
	b. Corrugado		0.021	0.025	0.03	
	a. Madera					
	B.2 NO METÁLICO	Sin tratamiento	0.01	0.012	0.014	
		Tratada	0.011	0.012	0.015	
		Planchas	0.012	0.015	0.018	
		b. Concreto.				
		afinado con plana	0.011	0.013	0.015	
		afinado con fondo de grava	0.015	0.017	0.02	
		sin afirmar	0.014	0.017	0.02	
		excavado en roca de buena calidad	0.017	0.02		
		excavado en roca descompuesta	0.022	0.027		
		c. Albañilería				
pedra con mortero	0.017	0.025	0.03			
pedra sola	0.023	0.032	0.035			

Fuente: (Manual-MTC., 2008)

E. Canal de drenaje:

Los canales son conductos por el cual el agua circula debido a la acción de la gravedad y sin presión, debido a que la superficie libre está en contacto con la atmósfera. Los canales de drenaje pueden ser artificiales (construidos por el hombre) y naturales (arroyos o ríos) (Villón B., 2008).

Los canales se utilizan en diversas áreas de la hidráulica, como son: (Miguel P., 2015).

- Drenaje urbano y de carreteras,
- Generación de energía hidroeléctrica,
- Irrigación y drenaje.
- Navegación fluvial,
- Control de inundaciones,
- Suministro de agua potable,
- Drenaje de aguas servidas, y
- Restauración de cauces naturales

Para canales de drenaje, la velocidad media en un flujo uniforme cumple la ecuación de Manning, que se expresa por las ecuaciones (11) y el gasto viene dado por la ecuación (12): (Manual-MTC., 2008).

2.2.6. Tipos de evacuación.

Según su ámbito de influencia, el sistema de drenaje pluvial debe conducir el agua hacia la parte baja de vías urbanas que tengan una mayor capacidad, con la finalidad de evacuar las aguas pluviales recolectadas al río, lago o al mar a través de colectores principales.

Existen tres tipos de evacuación (NT.CE.040, 2021).

-Evacuación por gravedad.

En el artículo 21 del inciso c) de la norma técnica CE.040 menciona que la evacuación por gravedad debe desembocar libremente, con el nivel de agua en el conducto de descarga hasta 1m sobre los niveles máximos esperados, para prevenir la destrucción

y obstrucción de la infraestructura existente de drenaje pluvial y tener un periodo de vida útil esperado.

La evacuación por gravedad puede ser costosa para su construcción, pero tiene la ventaja que el costo para su mantenimiento es menor al resto, asegurando la utilización del total de su infraestructura.

- Evacuación por bombeo.

Es decir, cuando no es posible la evacuación por gravedad. En este caso se puede utilizar equipos de bombeo fijas o móviles. La evacuación de agua pluvial es muy necesaria para grandes caudales es por ello se recomienda usar bombas de flujo axial y de gran diámetro.

- Evacuación mixta.

Si las condiciones del nivel del agua del receptor lo permitan, se puede drenar por gravedad, de lo contrario, la válvula accionará y el dispositivo de bombeo comenzará a evacuar mediante equipos de bombeo.

2.2.7. Operación y Mantenimiento de los Drenajes Pluviales

La operación y mantenimiento esta enteramente de responsabilidad de los gobiernos locales de conformar un equipo de OyM y de dar conformidad, en si no existe un área en específico en la municipalidad, pero debe ser coordinado entre ellos. Lo cual es necesario implementar una oficina en específica para dichos trabajos. (DL N° 1356-MVCS, 2018).

A. Operación: Conjunto de actividades externas necesarias para operar los equipos e instalaciones de la infraestructura de drenaje pluvial, para verificar su operatividad y la calidad de los servicios elaborados o producidos (DL N° 1356- MVCS, 2018).

La operación comprende:

- Saber qué cantidad y calidad de agua va ingresar a dicho sistema, teniendo en cuenta que el sistema de drenaje se mueva de acuerdo a lo previsto. Si fue previsto para un caudal A debió pasar esa cantidad por dicha estructura.
- En sí, es tener el sistema de drenaje pluvial preparado para recibir el caudal pluvial y debe estar preparado por un equipo humano y equipos.

B. Mantenimiento: Conjunto de acciones que se efectúan en los equipos e instalaciones, para asegurar su adecuado funcionamiento y la calidad del servicio, del mismo modo para prevenir o reparar daños sucedidos en las mismas. (DL N° 1356-MVCS, 2018)

La actividad de conservación tiene como objetivo intervenir de forma oportuna en la evaluación de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial en el periodo de vida útil. Existen dos tipos de mantenimiento rutinario y periódico.

B.1. El mantenimiento rutinario: (Manual C.-MTC, 2018).

Comprende la limpieza del drenaje superficial (cunetas, badenes, alcantarillas de cruce, zanjas de coronación, zanjas de drenaje, etc.) para garantizar su operatividad. En este sentido se menciona las siguientes actividades:

- ***Limpieza de cunetas:*** El objetivo es eliminar todo el material o basura que obstaculiza el libre flujo del agua pluvial, previniendo los estancamientos perjudiciales para la pavimentación.
- ***Reparación menor de cunetas y zanjas de coronación revestidas:*** consta en hacer reparaciones pequeñas de cunetas revestidas de concreto, con el propósito de continuar manteniéndolas a cumplir su función eficientemente. Son reparaciones menores tramos menores a 3m de longitud.
- ***Limpieza de zanjas de drenaje, canales, aliviaderos, disipadores de energía y otros elementos de drenaje.*** El propósito es eliminar materiales o basuras que impiden el libre flujo de agua de lluvia.
- ***Reparación menor de zanjas de drenaje, canales, aliviaderos, disipadores de energía y otros elementos de drenaje, siendo un trabajo permanente.*** Consiste en realizar trabajos de reparaciones de los elementos de drenaje mencionados, tales reparaciones menores son aquellas que no supere los 3m.
- ***Limpieza de alcantarillas:*** La finalidad es eliminar sedimento, basura, material de arrastre u otros que impide el libre flujo de agua pluvial, para prevenir inconvenientes en la vía o pavimentación.
- ***Reparación menor de alcantarilla:*** Se efectúan para solucionar daños originados por desprendimiento, agrietamiento y rajaduras con el objetivo que dicha estructura que compone el sistema de drenaje pluvial continúe garantizando un servicio apropiado.

- ***Limpieza de badenes:*** La finalidad es eliminar sedimento, basura, material de arrastre u otros que impide el libre flujo de agua pluvial, para prevenir inconvenientes en la vía.
- ***Reparación de badenes.*** Son reparación de áreas dañadas del badén con el objetivo de garantizar el paso vehicular con normalidad y mantener la estructura en buen funcionamiento para evitar obstáculos del paso de flujo pluvial.

B.2. El mantenimiento periódico: (Manual C.-MTC, 2018).

El mantenimiento periódico deberá garantizar el correcto funcionamiento, se mencionan las siguientes actividades que comprenden:

- ***Reparación mayor de cunetas y zanjas de coronación revestida.*** La finalidad con las reparaciones es mantener trabajando adecuadamente las cunetas y zanjas y cumpliendo drenar el agua pluvial con eficiencia. Incluye el revestimiento nuevo y las reparaciones son a más de 3m de longitud.
- ***Reparación mayor de alcantarillas de concreto:*** Para las reparaciones mayores es necesario realizar trabajos de restitución de las estructuras con la finalidad de mantener la funcionabilidad de la vía.
- ***Reparación mayor de alcantarillas metálica:*** Trabajos de restituir las estructuras y alcantarillas metálicas con la finalidad de mantener la funcionabilidad de la vía.
- ***Reparación mayor de zanjas de drenaje, canales, aliviaderos, disipadores de energía y otros elementos de drenaje.*** Se basa en realizar reparaciones a fin de continuar que dichas estructuras trabajen eficientemente, esta actividad abarca reparaciones a longitudes mayores a 3m.

La cantidad de personal asignado a las operaciones y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial debe ser lo suficiente acorde a la extensión del sistema y el tipo de trabajo a realizar. Para determinar una cantidad apropiada de masa laboral actualmente es complejo a simple inspección, para cada caso de un sistema a realizar su OyM debe ser evaluado, cada persona a laborar debe estar preparado y capacitado físicamente, porque las lesiones están ligadas con los riesgos o peligros ocurridos durante su labor a desarrollarse en la infraestructura del sistema de drenaje pluvial (Paredes V. , 2014).

Por lo tanto, el personal debe estar capacitado en su trabajo diario. Asimismo, debe conocer todas las medidas de seguridad y salud que se debe de adoptar, con la finalidad de proteger su integridad física y evitar accidentes que afecten a su salud durante los procedimientos de la operación.

En todo trabajo se debe utilizar todos los equipos de resguardo (botas antideslizantes, guantes, mascarillas, etc.) y los materiales o herramientas deben estar en óptimas condiciones que son de uso exclusivo para las labores en el mantenimiento de la infraestructura del sistema de drenaje (Paredes V. , 2014).

Asimismo, el mantenimiento debe realizarse por lo menos dos veces al año (antes y después del periodo de lluvia, especialmente en zonas de sierra y selva del país).

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio.

Región	: Cajamarca
Provincia	: Cajamarca
Distrito	: Los Baños del Inca
Urbanización	: La Molina
Región geográfica	: Sierra
Altura Capital (m.s.n.m)	: 2722

El trabajo de investigación se ha realizado en la localidad del sector La Molina que políticamente pertenece al Distrito de Los Baños del Inca (caserío Santa Bárbara), Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca.

Figura 3. Mapa del Perú - Región de Cajamarca.

MACROLOCALIZACION MOLINA.

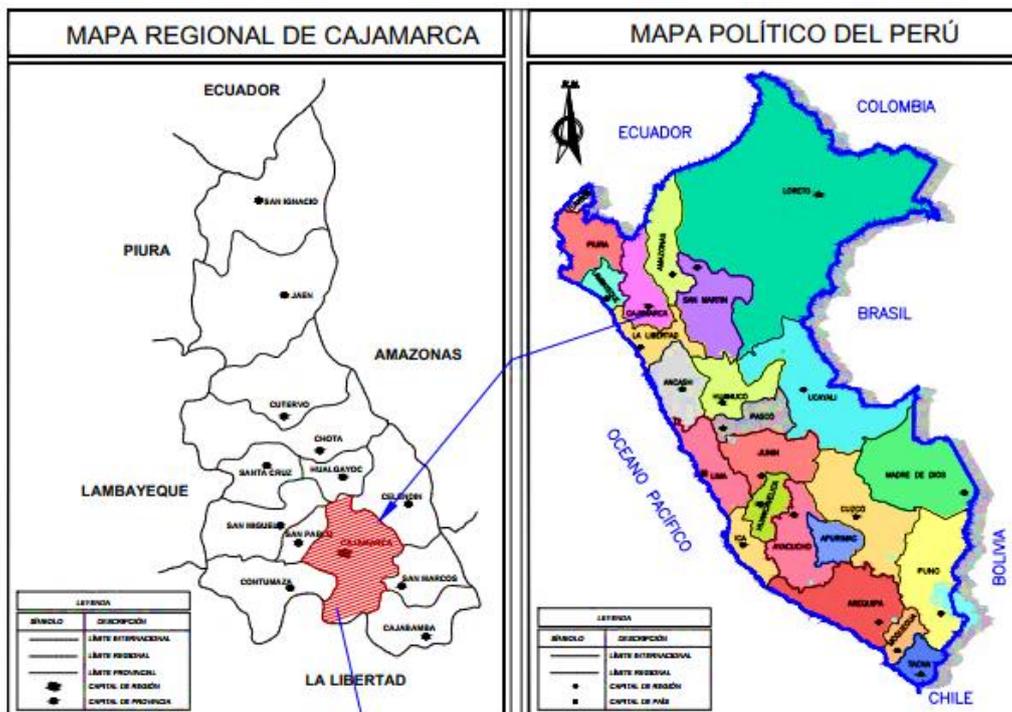


Figura 4 : Ubicación en el mapa “sector la Molina”-Baños del Inca - Cajamarca.

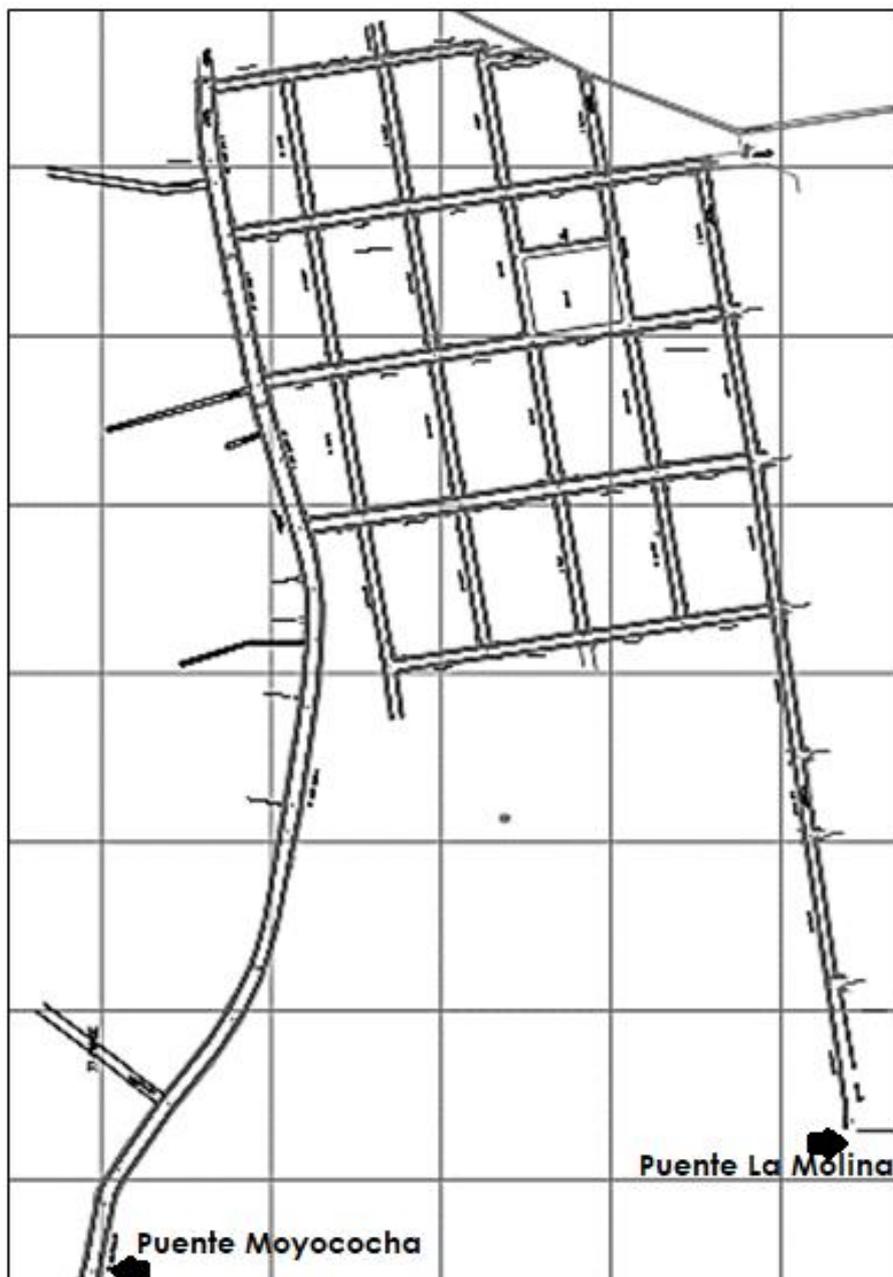


Fuente: Plano catastral de los Baños del Inca, 2022.

ACCESO PARA LLEGAR A LA ZONA DE ESTUDIO.

La Urbanización de La Molina está ubicado al Nor-Oeste de la capital del distrito de Los Baños del Inca. Para llegar al lugar desde la plaza principal de la ciudad de los Baños del Inca se accede por la carretera de la ciudad de Cajamarca, por la vía de Evitamiento Norte con dirección al puente Moyococha y puente La Molina, y aproximadamente a 515 metros de la vía de evitamiento norte (Paradero Minera Yanacocha) se ubica la zona de estudio.

Figura 5 : Forma y Ubicación geográfica y coordenadas UTM – WGS84 – Zona 17M.



Topografía: La Fisiografía del entorno es llana a ligeramente plana, con pendientes de 1- 7%. El relieve es de una topografía altimétrica. La fisiografía de la Urbanización es accidentada en la parte alta, con fuertes pendientes, y en la zona baja presenta pendientes leves.

3.2. Metodología de la investigación.

3.2.1. Tipo de Investigación.

La presente tesis tendrá un tipo de investigación **aplicada y cuantitativa**, donde se quiere resolver problemas específicos, puntuales en el sistema de drenaje pluvial que ésta sea óptima para su buen funcionamiento. El objetivo es encontrar una solución a un problema para el sector La Molina, de acuerdo a ello se trabajará de forma detallada en base campo, topografía, hidrología, entre otros; por ende, se determinará datos necesarios para cumplir con los objetivos del tema de investigación.

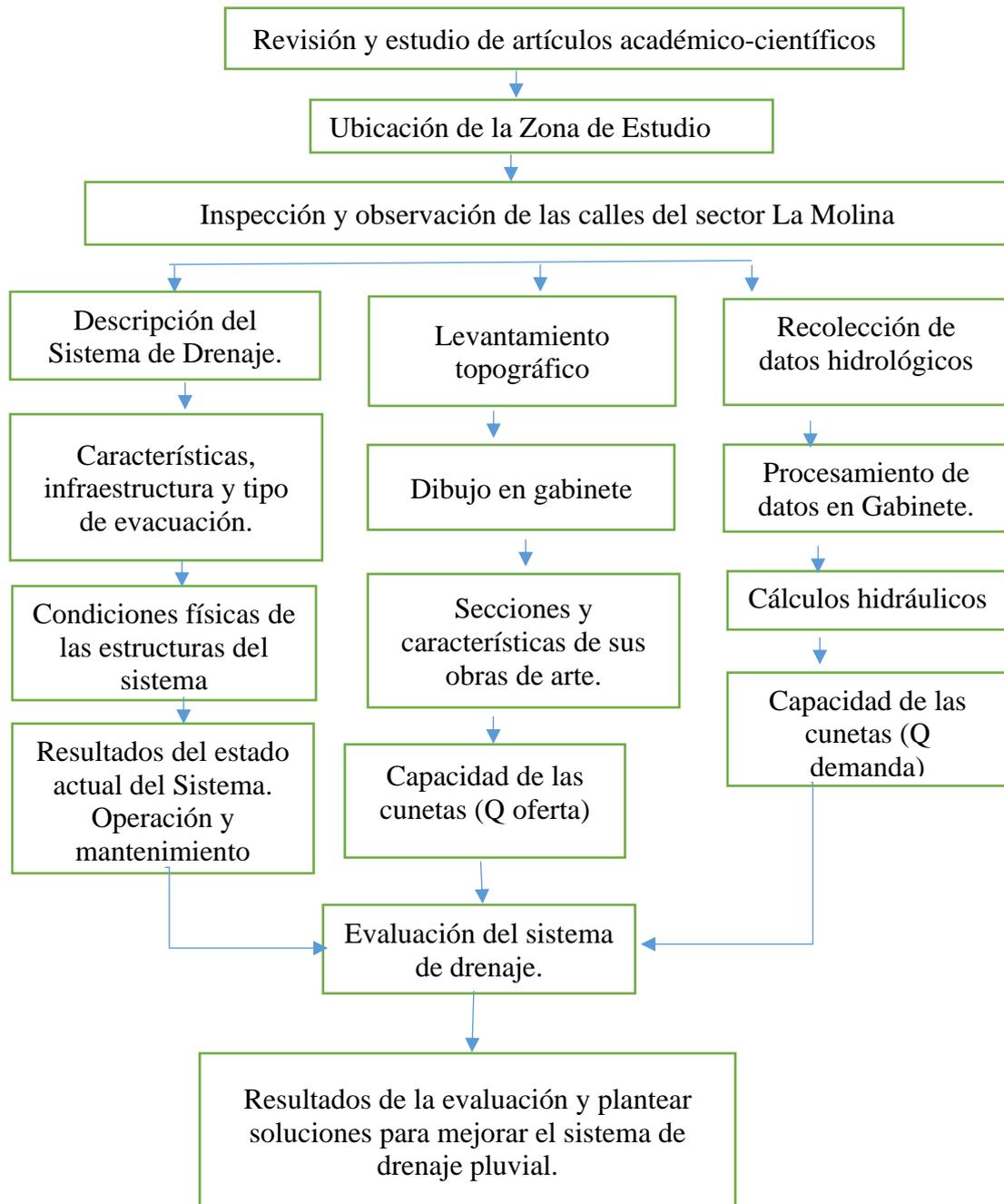
3.2.2. Diseño de Investigación.

El diseño de Investigación **descriptivo/ no experimental** porque se observaron y describieron el estado actual de sistema, sus condiciones físicas tal como se presentan en forma natural, con el cual se intentará recoger información cuantificable en fichas de observación para ser utilizada en la evaluación, los que sirvieron para evaluar su situación y contrastar con la normativa vigente (Norma técnica CE.040. Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones) y Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje, que será en base a los objetivos propuestos.

3.2.3. Método de Investigación.

El método de la investigación será **inductivo**, donde aplicaremos un procedimiento que partirá de unas afirmaciones y se buscare conclusiones que deben confrontarse con los hechos.

PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN



3.2.4. Población de estudio.

La población comprende a todas las calles del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca, el cual comprende las calles de Croacia, Prolongación Croacia, Italia, Austria, Dinamarca, Polonia, Irlanda, Holanda, Suiza, Bulgaria, Alemania y Av. Moyococha, destinada en su mayoría a la construcción de viviendas unifamiliares y parques.

3.2.5. Muestra.

Para la presente investigación se considera un muestreo no probabilístico por conveniencia para el sistema de drenaje pluvial, la muestra seleccionada para la evaluación es las calles de Croacia, Prolongación Croacia, Italia, Austria, Dinamarca, Polonia, Irlanda, Holanda, Suiza, Bulgaria, Alemania y Av. Moyococha del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

3.2.6. Unidad de Análisis.

Evaluación del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina el cual comprende la descripción, estudios topográficos y estudios hidrológicos

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas de recolección de datos

3.3.1.1. Observación directa

Se utilizó en reiteradas veces la técnica de la observación en la cual fue de gran importancia al momento de describir y las condiciones físicas del sistema de drenaje del sector La Molina. Además, esta técnica fue trascendental para la realización y recolección de información de los estudios hidrológico y el levantamiento topográfico.

3.3.1.2. Análisis documental

Aplicando esta técnica se recopiló y analizó información necesaria para el desarrollo de la investigación. Esta información recopilada se basó en documentos de apoyo, tesis de otros autores, libros, artículos científicos, artículos de periódicos, ensayos, entre otros; relacionándola netamente con

temas como la problemática del proyecto, antecedentes, trabajos previos, tiempo de concentración, escorrentía, caudales. Entre otros.

3.3.2. Instrumentos de recolección de Datos

3.3.2.1. Guía de Observación

Inicialmente, para el desarrollo de la investigación se usó como herramienta la guía de observación o fichas de recolección de datos, en donde se emplearon formatos y guías para los estudios topográficos. Adicionalmente se utilizó guías para el análisis de las precipitaciones.

3.3.2.2. Guía de Análisis de Documentos

La guía de análisis de documentos consistió en revisar y analizar normas técnicas y manuales de hidrología y drenaje las cuales establecen criterios, especificaciones y parámetros para la ejecución adecuada de la evaluación del Drenaje Pluvial Urbano.

3.3.3. Softwares utilizados.

Las herramientas computacionales son de mucha productividad debido a que nos faculta calcular y analizar un sistema de drenaje pluvial (infraestructuras) o proyectos en tiempos reducidos. Los softwares utilizados en el proyecto se destacan:

- Microsoft Excel 2016: Programa informático que permitió trabajar con datos numéricos: cálculos hidrológicos, evaluación hidráulica y análisis de resultados.
- Microsoft Word 2016: Para la creación y edición de textos con la finalidad de realizar un procedimiento de datos y resultados a fin de evaluar el sistema de drenaje pluvial.
- AutoCAD Civil 3D 2021: Útil para el procesamiento de datos del levantamiento topográfico, donde obtendremos el plano de planta general, identificación de estructuras existentes (cuneta, alcantarillas de cruce, badenes, canal de drenaje), toma de distancias y cotas necesarios para la evaluación hidráulica del sistema de drenaje pluvial.

- AutoCAD 2021.- Edición de Planos.
- Programa HIDROESTA 2: Utilizado para la simulación del modelo ajustado para las intensidades de diseño y calcular la ecuación de intensidad máxima.
- Programa EasyFit: Utilizado para distribuciones de probabilidades y extensión de datos hidrológicos que permite seleccionar el mejor modelo.
- PROGRAMA GOOGLE EARTH PRO: Para determinar algunas áreas tributarias de drenaje donde la topografía fue inaccesible.

3.4. Descripción del sistema de drenaje pluvial del sector La molina.

La zona de estudio políticamente pertenece al Distrito de Los Baños del Inca, Provincia de Cajamarca, Departamento de Cajamarca.

Para el sistema de drenaje pluvial del sector La Molina se cuenta con las siguientes obras de arte:

- ✓ Cunetas
- ✓ Badenes.
- ✓ Canal de drenaje.
- ✓ Alcantarilla de cruce.

El sistema de drenaje pluvial es por evacuación por gravedad, por ser más factible, sobre todo, porque tendría bajo costo de mantenimiento y operación. En su totalidad se cuenta con estructuras a cielo abierto y las conducciones a superficie libre.

Existen dos sistemas de drenaje pluvial que conducen el flujo a una descarga pico, una es la Av. Moyococha que descarga el agua pluvial en el canal de drenaje de concreto armado, y el segundo sistema son las calles restantes de la muestra que la descarga final del flujo es en la calle Alemania e Italia y es trasladado por un canal artificial y la trocha misma hacia el canal natural ubicado en la parte baja del sector La Molina.

Sistema de drenaje pluvial: Avenida Moyococha

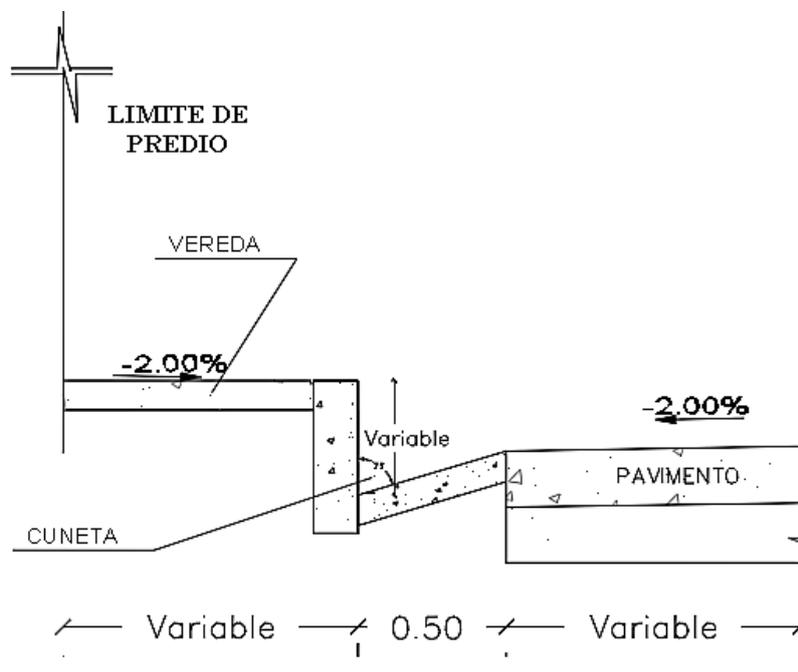
La Av. Moyococha es una vía principal del sector y aplicando la técnica de observación se ha verificado los siguientes detalles:

Las cunetas son revestidos con concreto simple y tienen las siguientes dimensiones de 50cm de ancho y 15cm m de altura en ambos lados de la calzada o pista, es de sección triangular en ambos lados, la cuneta tiene una longitud aproximadamente de 758.25 metros lineales a cada lado según levantamiento topográfico.

El agua pluvial de toda la vía pavimentada y áreas que influyen en dicha calle es conducida por la cuneta triangular que tiene como destino final el canal de drenaje ubicado en la calle Croacia (inicio) y la prolongación Croacia (fin).

Para dar continuidad al flujo en las intersecciones de las calles Dinamarca, Italia y Austria existen badenes que enlazan las cunetas cumpliendo la función del continuo flujo de las precipitaciones hasta dicho canal.

Figura 6. Sección típica de cuneta de la Av. Moyococha.



Al final de la Av. Moyococha con la intersección de la calle Croacia existe una *alcantarilla de cruce* con una tubería de acero galvanizado circular de diámetro 0.60m – TMC que capta gran parte del agua pluvial producto de las precipitaciones en la toda la

avenida y conduce el flujo directamente al canal de drenaje, además capta las aguas pluviales de la zona denominada la Shilla. En avenidas máximas existen rebalses al pavimento de agua pluvial el cual causa malestar en los vehículos y transeúntes en épocas de invierno.

Por otro lado, una desventaja para el sistema de drenaje es que existen pasajes ubicados en la parte superior de la avenida Moyococha, parte alta de la cuneta y parte del cerro Cajamarcorco, de todos los pasajes mencionados (tabla 6) no están pavimentadas o menos con mantenimiento adecuado, cuando existen precipitaciones pluviales el agua lleva consigo sedimentos, basura y materiales de arrastre llegando hasta la cuneta de concreto simple de dicha avenida ocasionando acumulación de sedimentación en las cunetas principales, basuras, obstaculizando el libre flujo de agua, esto hace que, la cuneta no cumpla su función de drenaje óptimo para el cual fue construido provocando colmataciones e inundaciones en las viviendas con veredas de casi al nivel de pavimento.

Tabla 6: Lista de pasajes en la Av. Moyococha que trasladan residuos sólidos a las cunetas.

PASAJE	ANCHO DE CALLE (M)	CONDICIÓN
José Mercedes	6.30	Trocha
Ninfa Cruzado	1.53	Trocha
3 Reyes	1.64	Mantenimiento
Sixto Chuquilin Terrones	1.20	Trocha
Las Flores	2.96	Mantenimiento
Emperatriz	3.36	Trocha
Lote del señor Trinidad	7.80	Trocha
San Rafael	2.36	Trocha
S/N	3.20	Mantenimiento
Av. Andrés Gonzales	4.60	Trocha
Las Hortensias	2.45	Trocha

Según observación y toma de datos en campo, las cunetas más afectadas con sedimentación, son de influencia directa de los pasajes en mención en las siguientes progresivas:

Tabla 7: Progresivas de la Av. Moyococha, cuneta con sedimentación.

(Moyococha)	PROGRESIVAS	
	DE	HASTA
Cuadra N° 1	0+140	0+360
Cuadra N° 2	0+520	0+590
Cuadra N° 3	0+650	0+680
Cuadra N° 4	0+695	0+780

Distancia longitudinal de sedimentos en cunetas: C1= 220m; C2=70m; C3=30m Yy C4=85m, está presente en ambos lados de la pavimentación, con más volumen en la cuneta superior por las influencias directa de los pasajes, dicho problema ocasiona malestar en la población por la acumulación de residuos sólidos que va contra la salud pública.

Figura 7: Lote del señor Trinidad, la tierra descende a la cuneta.



Figura 8: Calle Andrés Gonzales (Trocha), el cual hace que la sedimentación aumente.



Las figuras 07 y 08, muestra evidencias que las cunetas de la avenida cuentan con mucha sedimentación, en épocas de invierno o de alta precipitación pluviales arrastran material granular que perjudican directamente a la capacidad de cuneta y perjudicando a la pavimentación, deteriorando las estructuras hidráulicas. El material es arrastrado por el flujo a las ultimas cuerdas de abajo produciendo inundaciones e incomodidad a los habitantes.

Figura 9: Acumulación de sedimentos en la cuneta de la Av. Moyocochoa.



La sedimentación ocupa espesores en altura de 3 a 10cm, el cual contiene acumulaciones de arena y otros obstáculos dentro de las cunetas, incluso desmontes de construcciones que impiden el normal discurrir de las aguas.

Otro punto importante en el sistema de drenaje pluvial en el sector, es que existe una tubería de 2” de PVC instalado sobre la cuneta (aire libre) por la empresa prestadora de servicio de agua potable SEAPABI, para suministrar agua potable al sector de Cajamarca, Dicha tubería ocupa una área hidráulica determinada de la sección de la cuneta por donde fluye el caudal, imposibilitando el drenaje eficiente que debería tener, además hace que el sedimento se acumule con mayor facilidad y la basura, perjudicando el bienestar y la salud poblacional. Esto es una decisión anti técnica de la prestadora de servicio y la autorización que brindó la Municipalidad de los Baños del Inca. En sí, ninguna tubería debe estar expuesta por posibles daños o peligros que puede causar al sufrir algún desperfecto o rotura.

Figura 10: Tubería PVC 2” instalada en la cuneta.



Dicha tubería está instalada en toda la longitud de la cuneta superior del pavimento de concreto simple desde el pasaje las Hortensias cerca a la prestadora de servicios de agua potable “las Terrazas” hasta el puente Moyococha entrada a la calle Cajamarca.

Figura 11: Calle inundada de la Av. Moyococha.

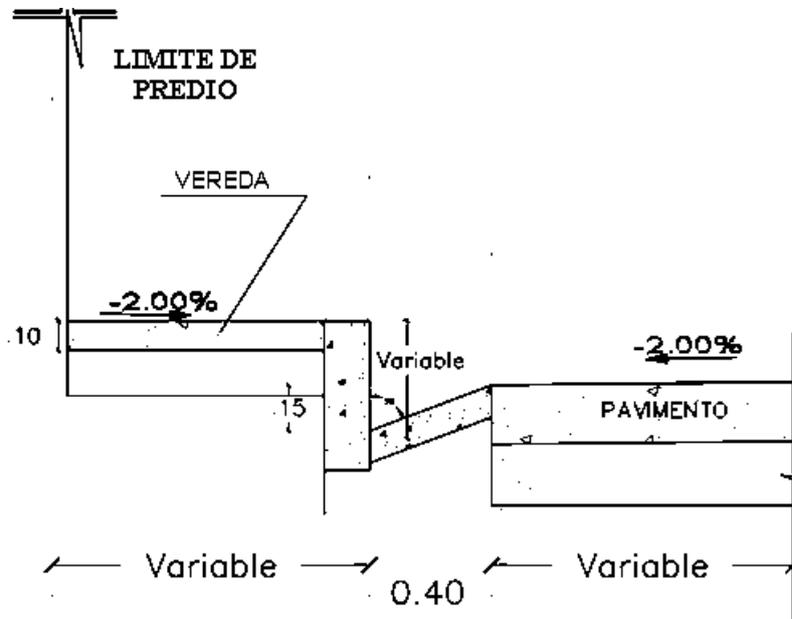


Sistema de drenaje de calles de: Croacia, Italia, Austria, Dinamarca, Polonia, Irlanda, Holanda, Suiza, Bulgaria y Alemania las cunetas son de dimensiones de 40 cm x 15cm y es de sección triangular. Existen obras de arte para el drenaje pluvial:

- Cunetas
- Badenes.
- Canal de drenaje ubicada en la calle Croacia.

El sistema de drenaje es por gravedad y a cielo abierto. Las cunetas están conectadas por badenes, dichas estructuras conducen el agua pluvial. El punto de concentración de todo el flujo que desciende es captado en la calle Alemania y a través de sus cunetas construidas de concreto simple (0.40m de ancho y 0.15m de profundidad) son trasladados al final de la sexta cuadra (zona de inundación) y finalmente conducido por una trocha (calle continua de la calle Italia) al canal natural ubicado a 40m de las intersecciones de Alemania e Italia.

Figura 12: Sección típica de cuneta del resto de calles.

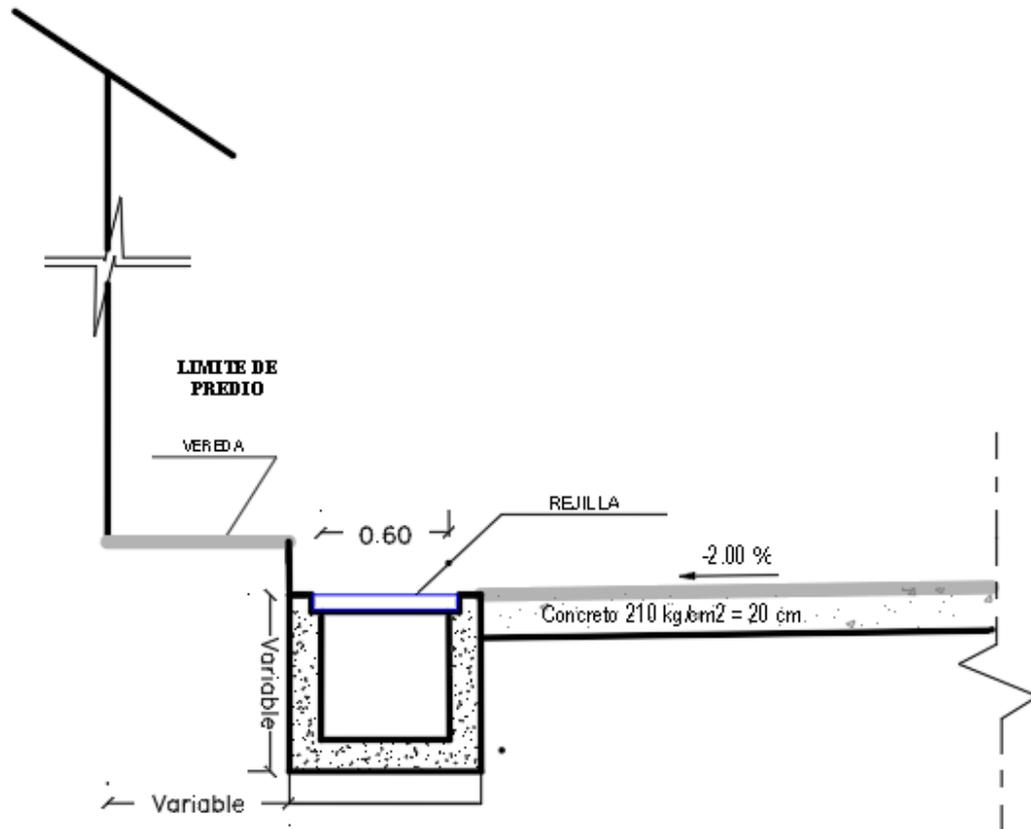


Las cunetas de la calle alemana tienen igual dimensión del resto de calles de Croacia, Italia, Austria, Dinamarca, Polonia, Irlanda, Holanda, Suiza y Bulgaria, en épocas de invierno donde ocurren precipitaciones constantes las cunetas no poseen la capacidad necesaria. Existe una acumulación de flujo en la intersección de Alemania e Italia (zona crítica) es en ese lugar donde el agua rebalsa toda la pavimentación e inunda las viviendas aledañas, técnicamente es necesario realizar una operación o construir infraestructuras que aminoren los peligros ocasionados por la fuerte acumulación de flujo.

El canal ubicado en la calle Croacia,

El canal de drenaje en mención es de sección rectangular con un ancho de 0.60 de base en toda su longitud y altura variable de 1.17m máximo hasta 0.60m mínimo (figura 13).

Figura 13: Sección de inicio del canal de drenaje en la calle Croacia (Corte A-A).



Se observa que, en la parte final de su longitud, al entregar el caudal recolectado a un canal natural, existe una diferencia de cotas en la base, el nivel terminado de base del canal de concreto armado está 30cm aproximadamente bajo del canal natural, produciendo el estancamiento de agua, acumulación de sedimentación, poca capacidad de traslado de agua y existe deterioro de la estructura. Cabe recalcar que en temporadas de fuertes precipitaciones esta calle es afectado por el rebalse de agua y perjudica a toda la cuadra de la calle Prolongación Croacia debido a la poca pendiente y falta de mantenimiento del canal natural.

Figura 14: Final del canal de concreto armado, su base está bajo el nivel del agua.



Paulatinamente el sedimento se acumula ya que dicho canal natural necesita una oportuna respuesta de las autoridades a dicha problemática para ser limpiado con mano de obra o maquinaria, ya que la pendiente misma del canal natural en su longitud no permite que el flujo de agua drene con normalidad y tener una evacuación eficiente.

Las construcciones de badenes están en todas las esquinas de las calles del sector La Molina (ver plano PH- 01), necesarios para evacuar y dar continuidad el agua de las cunetas ya que no existen construcciones de una obra de drenaje enterrada como sumideros de drenaje, y mucho menos las aguas pluviales son drenadas al sistema de alcantarillado.

El badén es un tipo de obra de drenaje que se adecúa a las características geométricas del cauce y tiene por objeto facilitar el tránsito estable tanto de vehículos como de personas. El badén tiene una longitud aproximadamente igual y mayor al ancho del cauce (cuneta), de manera que la geometría natural del cauce no se vea alterada siendo el ancho de la cuneta triangular de 0.40m y del badén es de 1.0 m (ver figura 16), haciendo que el flujo de agua no se altere, lo que indica que en la cuneta se va creando una transición que permite pasar de la una forma triangular a una prácticamente plana.

Figura 15: Detalle: Planta - Badén

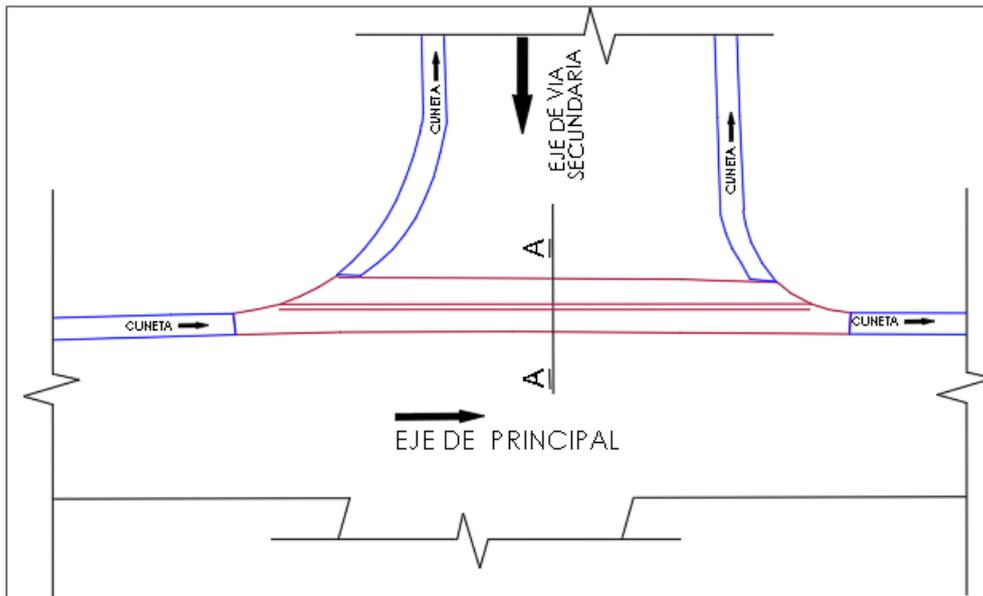
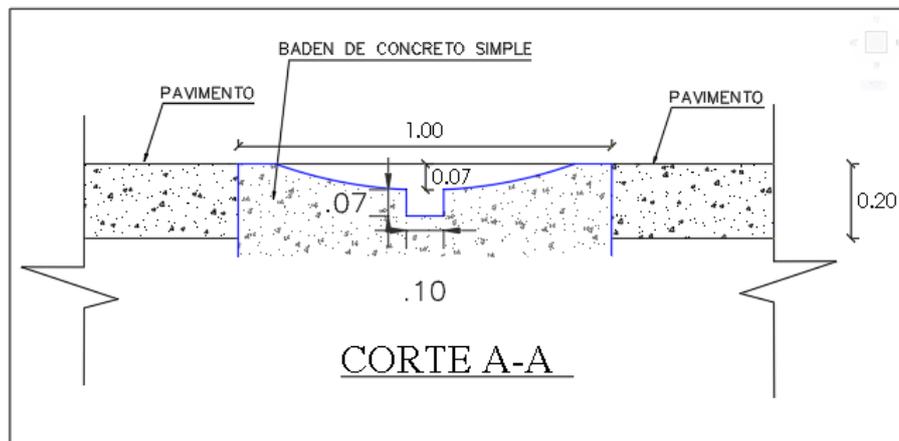


Figura 16: Detalle de badén: Corte A-A.



En el sistema de drenaje existen 44 badenes con dimensiones de 1.0m lineal longitudinalmente y medidas variables en su longitud trasversal (dependiendo del ancho de la pavimentación). A la mitad de su sección trasversal se ha realizado una uña rectangular de dimensiones 0.10m x 0.07m para ayudar a evacuar el agua en pocas cantidades, pero casi innecesario porque en ellos están obstruidos con sedimentación y residuos sólidos.

3.5. Condiciones físicas de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial.

Para el sistema de drenaje pluvial se tiene las obras de arte mencionadas como: la cuneta, badén, alcantarilla de cruce y canal de drenaje. Todas las obras de arte existentes se han diseñado para durar la vida útil de diseño en favor de la población, es decir el tiempo (en años) que debe permanecer en servicio y sin falla.

En el recorrido de calles se ha logrado obtener información necesaria para detallar las condiciones físicas de obras de arte que constituye el sistema de drenaje pluvial según ficha técnica.

Para cunetas del sistema de drenaje.

Tabla 8: Condiciones físicas de las cunetas del sector La Molina.

CUNETA			
MATERIAL	Es de concreto simple de 175kg/cm ² .		
	CALLE	CUADRA	CANTIDAD
GRIETAS	Alemania	-	-
	Bulgaria	-	-
	Suiza	-	-
	Holanda	-	-
	Irlanda	-	-
	Moyococha	C2	1
	Polonia	-	-
	Dinamarca	-	-
	Austria	-	-
	Italia	-	-
	Croacia	-	-
	FISURAS	Alemania	C2
Bulgaria		C1	1
Suiza		C3	2
Holanda		C4	2
Irlanda		-	-
Moyococha		C1-C3	2
Polonia		C2	1
Dinamarca		C2	1
Austria		C3	1
Italia		C5	1
Croacia	-	-	

En la tabla anterior predomina las fisuras en cunetas, según observación y evaluación en campo son pequeños que puede convertirse en un periodo de tiempo a corto o largo plazo en una grieta. Cuando la fisura atraviesa de lado a lado el espesor de una pieza, o su espesor es mayor a 1,5 mm, se convierte en grieta, una vez que la cuneta tenga grieta la posibilidad es que crezcan hierbas que afectarían el eficiente drenaje de flujo de agua pluvial.

Para badenes del sistema de drenaje.

Tabla 9: Condiciones físicas de badén del sector La Molina.

BADEN	
MATERIAL	Es de concreto simple de 210 kg/cm ² .
FISURAS	No identificados
GRIETAS	No identificados
ESTADO	Bueno

Para el canal del sistema de drenaje.

Tabla 10: Condiciones físicas del canal de drenaje del sector La Molina.

CANAL DE DRENAJE	
MATERIAL	Es de concreto armado de 210 kg/cm ² .
FISURAS	No identificados
GRIETAS	No identificados
PENDIENTE	2.3% a 0.43%
ESTADO	Bueno

El canal de drenaje ubicada en la calle Croacia es una estructura en buen estado, protegido con rejillas de 3/8"x2 1/2", con una longitud de 197.00m que transporta las aguas pluviales captadas y recolectadas de las cunetas de la Av. Moyococha y algunas cuadras de (Irlanda C4, Holanda C4 y Suiza C4) a través de conductos abiertos con pendiente variable de 2.3% máximo y 0.43% mínimo, hasta su descarga en un canal natural ubicado por la calle Prolongación Croacia. Además, captan las aguas del sector de la Shilla.

Para la alcantarilla de cruce del sistema de drenaje.

Tabla 11: Condiciones físicas de la alcantarilla de cruce del sector La Molina.

ALCANTARILLA DE CRUCE	
MATERIAL	Acero galvanizado circular - TMC
DIAMETRO	0.60m
CAJAS REDUCTORAS DE CAUDAL	
MATERIAL	Es de concreto simple de 210kg/cm ² .
DIMENCIONES	1.20 x 0.90m
ESTADO	Bueno

Dicha alcantarilla es de 0.60m de diámetro, el material es de acero galvanizado circular –TMC. Dicha estructura ubicado en la intersección de la calle Croacia y la avenida Moyococha. es 7.57m con una pendiente de 2 %.

Según levantamiento topográfico se procede a determinar las pendientes de las cunetas en cada cuadra, para ser usado en los cálculos hidráulicos de la presente investigación según amerite.

Tabla 12: Pendientes de cunetas de calles del área de influencia del tema de investigación.

Nombre de calle	Cuadra	Long. Calle(m)	Cota Inicio (m.s.n.m)	Cota Final (m.s.n.m)	Pendiente (%)
Moyococha	C1	465.00	2730.74	2726.26	0.96%
	C2	90.46	2726.26	2725.15	1.23%
	C3	87.00	2725.15	2724.20	1.09%
	C4	93.91	2724.20	2723.76	0.47%
Polonia	C1	57.27	2725.75	2724.70	1.83%
	C2	58.15	2724.70	2724.09	1.05%
	C3	58.89	2723.95	2723.40	0.93%
	C4	52.43	2723.27	2722.91	0.69%
DINAMARCA	C1	32.66	2726.16	2725.24	2.82%
	C2	58.36	2725.00	2724.21	1.35%
	C3	58.01	2724.13	2723.68	0.78%
	C4	58.81	2723.61	2723.15	0.78%
	C5	54.79	2722.99	2722.28	1.30%
AUSTRIA	C1	42.81	2725.14	2724.40	1.73%
	C2	58.34	2724.21	2723.34	1.49%
	C3	58.16	2723.15	2722.49	1.13%

	C4	57.99	2722.40	2722.12	0.48%
	C5	54.68	2721.96	2721.06	1.65%
ITALIA	C1	45.51	2724.10	2722.80	2.86%
	C2	58.45	2722.70	2722.27	0.74%
	C3	57.85	2722.20	2721.61	1.02%
	C4	58.15	2721.52	2721.04	0.83%
	C5	57.81	2720.92	2720.33	1.02%
CROACIA	C1	41.99	2723.56	2721.76	4.29%
	C2	58.64	2721.62	2721.08	0.92%
	C3	56.89	2721.00	2720.68	0.56%
ALEMANIA	C1	81.25	2723.26	2722.93	0.41%
	C2	39.84	2723.41	2723.32	0.23%
	C3	80.75	2723.37	2722.89	0.59%
	C4	89.23	2722.75	2722.32	0.48%
	C5	89.51	2722.14	2721.04	1.23%
	C6	84.84	2720.93	2720.63	0.35%
IRLANDA	C1	116.01	2726.10	2725.28	0.71%
	C2	80.84	2725.26	2724.35	1.13%
	C3	81.17	2724.19	2722.84	1.66%
	C4	80.98	2722.68	2721.71	1.20%
HOLANDA	C1	81.28	2724.69	2724.29	0.49%
	C2	81.16	2724.27	2723.30	1.20%
	C3	81.60	2723.34	2722.28	1.30%
	C4	80.84	2722.18	2721.06	1.39%
	C5	19.72	2721.17	2720.93	1.22%
SUIZA	C1	81.90	2724.45	2723.67	0.95%
	C2	80.85	2723.75	2722.48	1.57%
	C3	83.69	2722.40	2721.62	0.93%
	C4	82.99	2721.68	2720.65	1.24%
BULGARIA	C1	82.02	2723.32	2723.10	0.27%
	C2	80.48	2723.19	2722.02	1.45%
	C3	81.00	2721.91	2720.97	1.16%
	C4	59.07	2721.08	2720.26	1.39%

Las pendientes están comprendidas entre 4.29% máximo y mínimo 0.23%.

3.6. Evaluación hidráulica.

La finalidad de un sistema de drenaje pluvial es garantizar el desalojo del flujo ocasionado por precipitaciones pluviales en la cuenca o zonas de asentamientos humanos, provocando una mínima molestia, peligro o daño a las personas, el medio ambiente, los bienes y la infraestructura existente. Es necesario realizar el presente estudio hidrológico

e hidráulico, adecuado para poder estimar la capacidad hidráulica de las cunetas, y si esta va a poder evacuar las aguas mediante las cunetas, evitando de esta manera inundaciones a las viviendas y desborde al pavimento perjudicando a los transeúntes y tráfico vehicular.

Un sistema de drenaje debe tener en cuenta:

- Eficacia.
- Seguridad de los usuarios.
- Durabilidad.
- Satisfacción desde el punto de vista constructivo.
- Minimización del impacto.

3.6.1. Cálculo de la capacidad que debe tener las cunetas existentes en las calles específicas del sector La Molina (Caudal de demanda).

El problema de las inundaciones que ocurren cada vez que existan precipitaciones pluviales fuertes como inundaciones y rebalse de agua a la pavimentación, influye de manera significativa en la capacidad de la cuneta.

Del comportamiento desde el punto de vista hidráulico estructural de estructuras ubicadas aguas arriba o aguas abajo de la estructura es de mucha utilidad, porque permite contar con información relevante para lograr diseños adecuados, tomando en cuenta su funcionamiento ante la presencia de procesos geomorfológicos como erosión, sedimentación u otros fenómenos, a los que han estado sometidas.

Es importantes evaluar las obras de arte que forman parte de un sistema de drenaje pluvial, directamente recae en la cuneta que es el medio que transporta el caudal de las aguas pluviales el 100%. Como primer paso es calcular el caudal de demanda que se produce cuando existen precipitaciones máximas tomando en cuenta los registros de intensidades máximas recopiladas, luego se determina el caudal de oferta con las dimensiones existentes y finalmente se realiza una comparación: si $Q_{oferta} < Q_{demanda}$ entonces la cuneta no cumple con transportar el agua pluvial de manera eficiente.

Entonces, para determinar la capacidad de dicha estructura es necesario calcular el caudal pico (Caudal de demanda) de las calles principales de drenaje pluvial.

3.6.1.1. Recopilación de información

Se ha recopilado información de registros históricos de intensidades máximas de la estación Augusto Weberbauer (1973 – 2015) con extensión hasta el 2020 (ver anexo E.3) ubicada en la Universidad Nacional de Cajamarca y por ser la estación más cercana al lugar del presente estudio hidrológico.

Tabla 13: Intensidades máximas – Estación WEBERBAUER (MM/HR) .

Año	Duración en minutos				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
1988	70.40	52.80	23.00	16.00	7.85
1989	73.60	47.80	28.00	18.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90

2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012*	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89

Fuente: SENAMHI, 2022.

3.6.1.2. Áreas de influencia y tiempo de concentración.

Habiendo realizado la visita de campo se pudo identificar las áreas tributarias o de influencia que llegan a la AV. MOYOCOCHA, CALLES CROACIA, ITALIA, AUSTRIA, DINAMARCA, POLONIA, IRLANDA, HOLANDA, SUIZA, BULGARIA Y ALEMANIA, estas áreas son polígonos cerrados formados por la intersección de las bisectrices de los ángulos interiores de las cuadradas, dichas áreas fueron obtenidas del plano de levantamiento topográfico y catastral. (Ver anexo C)

Figura 17: Área de estudio- Plano de AT-01.



En la figura se puede apreciar la carretera Cajamarca – Moyococha, que es la calle que tiene la mayor longitud y la calle Alemania. Es necesario determinar el caudal que debe conducir las cunetas.

Se delimito la cuenca de acuerdo a la longitud de las calles, para poder calcular el caudal que tienen que conducir dichas cunetas. En la evaluación se calcula la capacidad de las cunetas de todas las calles principales influyentes del drenaje pluvial urbana sector La Molina que delimita el presente trabajo.

Figura 18: Delimitación de la cuenca - área a drenar.

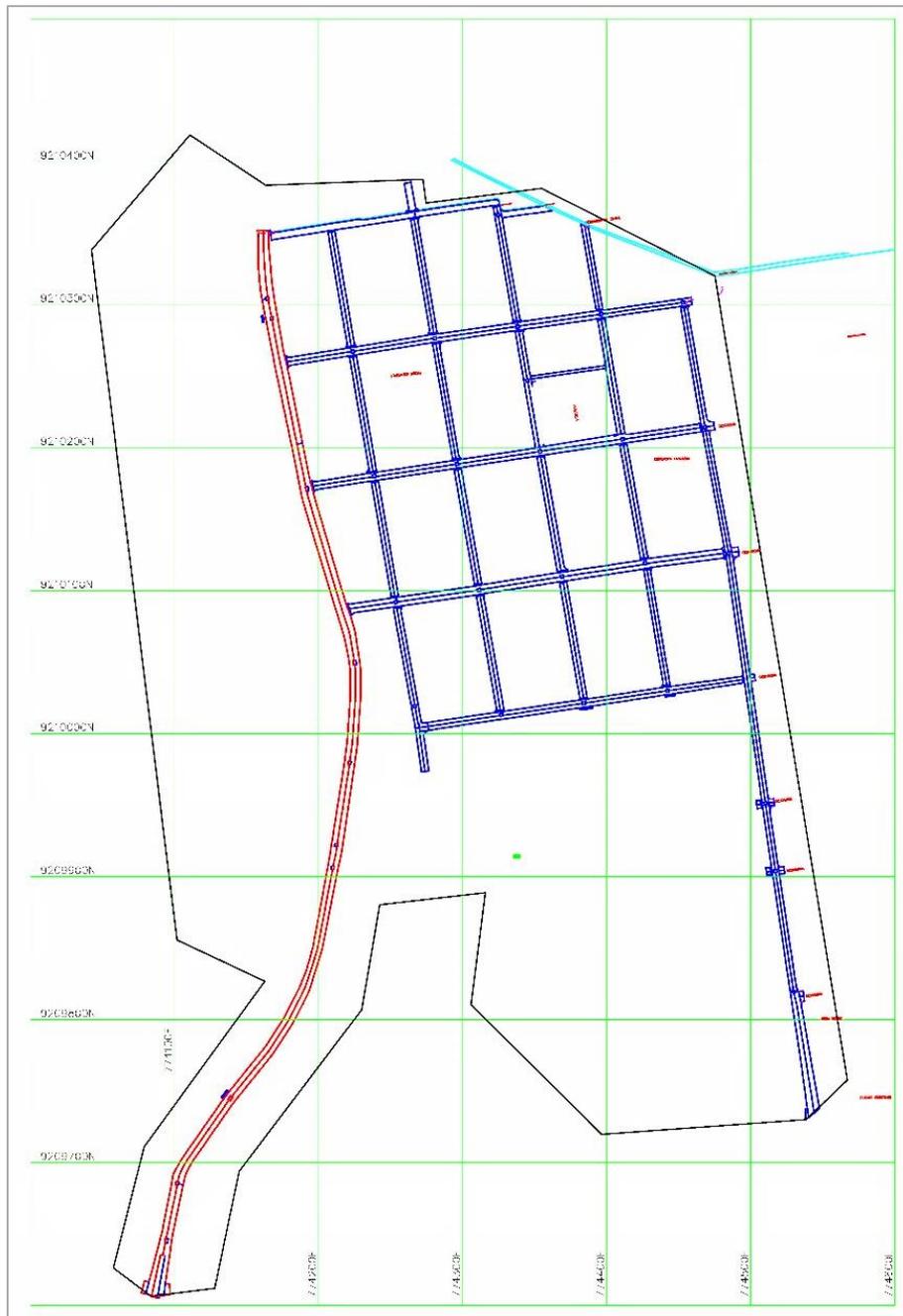


Tabla 14: Áreas de influencia o áreas tributarias.

NOMBRE DE CALLE	ÁREAS	
	Código A(i)	Ai(ha)
AV. MOYOCOCHA	AD-01	0.710
	AD-02	0.836
	AD-03	0.932
	AD-04	0.932
	AD-05	1.240
	AD-06	0.436
	AD-07	1.397
	AD-08	1.223
	AD-09	1.094
	AD-10	0.548
	AD-11	0.179
	AD-12	0.134
	AD-13	0.145
	AD-14	0.138
	Total:	9.943
CALLE IRLANDA	AD-15	0.082
	AD-16	0.037
	AD-17	0.143
	AD-18	0.155
	AD-21	0.162
	AD-22	0.170
	AD-25	0.186
	AD-26	0.184
	AD-29	0.162
	AD-30	0.175
	Total:	1.456
CALLE HOLANDA	AD-37	0.172
	AD-38	0.170
	AD-43	0.192
	AD-44	0.174
	AD-47	0.172
	AD-48	0.168
	AD-51	0.209
	AD-52	0.176
	Total:	1.433
CALLE SUIZA	AD-59	0.1821
	AD-60	0.1784
	AD-65	0.1697
	AD-66	0.1709

	AD-71	0.0734
	AD-72	0.1744
	AD-73	0.035
	AD-78	0.1746
	AD-79	0.1604
	Total:	1.319
	AD-74	0.0823
	AD-75	0.0774
	AD-82	0.1374
	AD-83	0.1083
	AD-84	0.0267
CALLE BULGARIA	AD-87	0.0739
	AD-88	0.1862
	AD-93	0.1691
	AD-94	0.1892
	AD-99	0.1826
	AD-100	0.1742
	Total:	1.407
	AD-89	0.1857
	AD-90	0.1863
	AD-95	0.1858
	AD-96	0.1893
	AD-101	0.1708
	AD-102	0.1749
	AD-105	0.1199
	AD-105A	0.2676
CALLE ALEMANIA	AD-106	0.1816
	AD-107	0.0774
	AD-107A	0.3221
	AD-108	0.0938
	AD-109	0.1352
	AD-109A	2.7653
	AD-110	0.1891
	AD-111	0.1456
	AD-112	1.1456
	AD-112	0.1566
	Total:	6.693
	AD-53	0.0853
	AD-54	0.1264
	AD-55	0.1451
CALLE POLONIA	AD-55A	0.7736
	AD-56	0.0896
	AD-57	0.1482
	AD-58	0.0948

	AD-103	0.0872
	AD-104	0.1098
	AD-104A	1.0538
	Total:	2.714
CALLE DINAMARCA	AD-19	0.019
	AD-20	0.0361
	AD-49	0.0864
	AD-50	0.0721
	AD-61	0.0719
	AD-62	0.0923
	AD-63	0.0746
	AD-64	0.0935
	AD-97	0.0609
	AD-98	0.0741
	Total:	0.681
CALLE AUSTRIA	AD-23	0.0389
	AD-24	0.0631
	AD-45	0.0716
	AD-46	0.0909
	AD-67	0.0886
	AD-68	0.0962
	AD-69	0.0844
	AD-70	0.0648
	AD-91	0.0697
	AD-92	0.0798
	Total:	0.748
CALLE ITALIA	AD-27	0.0517
	AD-28	0.0666
	AD-39	0.0837
	AD-40	0.0722
	AD-41	0.0815
	AD-42	0.0716
	AD-76	0.0819
	AD-77	0.0805
	AD-85	0.0595
	AD-86	0.071
	Total:	0.720
JR. CROACIA	AD-12	0.1911
	AD-31	0.0357
	AD-32	0.2811
	AD-33	0.0148
	AD-34	0.0208
	AD-35	0.0841
	AD-36	0.0797

	AD-80	0.0487
	Total:	0.756

El área total en estudio es de **27.87 ha**.

3.6.1.3. Cálculo de los tiempos de concentración se usan las siguientes formulas presentados en norma técnica CE.040:

A. Método de Kirpich (1940)

Fórmula para t_c (min) de la ecuación (2)

$$t_c = 0.01947 * L^{0.77} * S^{-0.385}$$

Donde:

L: Longitud de canal desde aguas arriba hasta la salida, m.

S: Pendiente promedio de la cuenca, m/m.

B. Método de California Culverts Practice (1942)

Fórmula para t_c (min) de la ecuación (3)

$$t_c = 0.01945 * \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$$

Donde:

L: Longitud del curso del agua más largo, m

H: Diferencia de nivel entre la divisoria de agua y la salida, m

Para el cálculo de tiempo de concentración se ha considerado las calles principales de influencia de drenaje pluvial con mayor área tributaria y con deficiencias cuando ocurren precipitaciones pluviales, las cuales conducen caudales máximos y son propensos a inundación y rebalse de agua pluvial a la pavimentación. Para ello se determina la

longitud de cuneta desde aguas arriba hasta la salida, (m). y la pendiente promedio de la cuenca, (m/m) para cada calle.

Tabla 15: Tiempo de concentración en calles del sector La Molina.

Nombre de Calle	Cuadra	Long. Calle(m)	Cota Inicio (m.s.n.m)	Cota Final (m.s.n.m)	Tiempo Concentración	
					Kirpich (min)	California (min)
AV. MOYOCOCHA	C1	465.00	2730.74	2726.26	13.17	13.19
	C2	90.46	2726.26	2725.15	3.40	3.41
	C3	87.00	2725.15	2724.20	3.45	3.46
	C4	93.91	2724.20	2723.56	4.39	4.40
POLONIA	C1	57.27	2725.75	2724.70	2.05	2.05
	C2	58.15	2724.70	2724.09	2.57	2.57
	C3	58.89	2723.95	2723.40	2.71	2.72
	C4	52.43	2723.27	2722.91	2.79	2.80
DINAMARCA	C1	32.66	2726.16	2725.24	1.13	1.13
	C2	58.36	2725.00	2724.21	2.34	2.34
	C3	58.01	2724.13	2723.68	2.88	2.89
	C4	58.81	2723.61	2723.15	2.90	2.91
	C5	54.79	2722.99	2722.28	2.26	2.27
AUSTRIA	C1	42.81	2725.14	2724.40	1.68	1.68
	C2	58.34	2724.21	2723.34	2.25	2.25
	C3	58.16	2723.15	2722.49	2.49	2.50
	C4	57.99	2722.42	2722.04	3.07	3.08
	C5	54.68	2721.96	2721.06	2.06	2.06
ITALIA	C1	45.51	2724.10	2722.80	1.45	1.45
	C2	58.45	2722.70	2722.27	2.96	2.96
	C3	57.85	2722.20	2721.61	2.59	2.59
	C4	58.15	2721.52	2721.04	2.82	2.82
	C5	57.81	2720.92	2720.33	2.59	2.59
CROACIA	C1	41.99	2723.56	2721.76	1.16	1.17
	C2	58.64	2721.62	2721.08	2.72	2.72
	C3	56.89	2721.00	2720.68	3.21	3.22
ALEMANIA	C1	81.25	2723.26	2722.93	4.79	4.80
	C2	39.84	2723.41	2723.32	3.47	3.48
	C3	80.75	2723.37	2722.89	4.12	4.13
	C4	89.23	2722.82	2722.26	4.36	4.36
	C5	89.51	2722.14	2721.04	3.37	3.38
	C6	84.84	2720.93	2720.63	5.23	5.23

La avenida Moyococha tiene un eje longitudinal total de 758.25m y el tiempo de concentración según Kirpich en la C1=13.19 minutos (indica que es el tiempo de ingreso desde el punto más lejano en la cuneta hasta el ingreso al canal de drenaje de la C2 de la avenida Moyococha)

Dinamarca tiene una longitud de 262.00m y el tiempo de concentración mayor según Kirpich es en la C4 de 2.91 minutos (indica que es el tiempo de ingreso desde el punto más lejano C4 en la cuneta hasta el ingreso a la cuneta de la C5)

3.6.1.4. Elección del periodo de retorno en drenaje urbano.

El período de retorno más corto en drenaje urbano es de 5 a 10 años. Estos valores están usualmente asociados con áreas de drenaje menores a 100 ha. Para estas áreas, se puede utilizar el método racional para obtener la descarga pico.

Tabla 16: Elección de Periodo de Retorno.

Guía para la selección del tiempo de retorno	
Tipo de proyecto u obra	Período de retorno en años
Drenaje urbano y rural [bajo riesgo] (hasta 100 ha)	5 a 10
Drenaje rural [mediano riesgo] (más de 100 ha)	10 a 25
Drenaje urbano [mediano riesgo] (más de 100 ha)	25 a 50
Drenaje vial (mediano riesgo)	25 a 50
Aliviadero principal (presas)	25 a 100
Drenaje vial (alto riesgo)	50 a 100
Diques longitudinales [mediano riesgo]	50 a 100
Drenaje urbano [alto riesgo] (más de 1,000 ha)	50 a 100
Desarrollo de zona de inundación	100
Diseño de puentes (pilares)	100 a 500
Diques longitudinales [alto riesgo]	200 a 1000
Aliviadero de emergencia (presas)	100 a 10,000 (PMP)
Hidrograma de borde libre [para una presa de clase	10,000 (PMP)

Fuente: Víctor M. Ponce, 2015.

El periodo de retorno viene a ser el tiempo promedio en años, en el valor del caudal o precipitación, es igualado o superado una vez cada “t” años.

El área (ha) total calculado que se tiene que drenar de las calles del sector La Molina es de 27.87 ha. siendo menor a 100 ha, para el presente estudio se está considerando un

periodo de retorno de 5 años (intervalo medio de recurrencia de un evento de igual o mayor magnitud)

Elegido el tiempo de retorno, es necesario obtener la intensidad (mm/hr) para las calles elegidas en dicha investigación.

3.6.1.5. Cálculo de intensidades.

La intensidad es la tasa temporal de precipitación, es decir, la altura de lámina por unidad de tiempo (mm/h o Pulg/h). Puede ser la intensidad instantánea o la intensidad promedio sobre la duración de la lluvia.

Dado un registro según datos obtenido de Senamhi y extensión de datos (Ver anexo E.3) entre los años de 1973 hasta 2020 con datos de intensidades máximas para diferentes duraciones y en determinados años, con ello se realiza un procedimiento minucioso para el cálculo de la intensidad máxima, así como su valor para una duración en minutos dada y un periodo de retorno dado en años.

Tabla 17: Intensidades máximas – Estación WEBERBAUER (MM/HR)

Año	Duración en minutos				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95
1988	70.40	52.80	23.00	16.00	7.85
1989	73.60	47.80	28.00	18.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00

1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012*	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89
2016	61.58	56.93	28.75	18.40	6.16
2017	78.90	66.22	32.11	21.71	10.46
2018	52.19	58.23	29.58	15.98	9.08
2019	113.54	46.86	29.19	15.52	8.85
2020	81.25	61.66	38.82	8.17	8.02
MEDIA	73.204	54.106	28.581	16.924	9.589
DESV. ESTÁN	21.062	14.239	7.041	4.453	2.906
Años de obs. (n)	47	47	47	47	47

Para determinar la ecuación de intensidad máxima para una duración en minutos dada (tiempo de concentración) y un periodo de retorno dado en años (5 años), es necesario seguir una secuencia y utilizar el programa HidroEsta 2.

Para ello es necesario realizar **prueba de bondad de ajuste del modelo**.

La naturaleza de la prueba de bondad de ajuste, depende de si la muestra ha sido agrupada o no. Si la muestra es agrupada, la prueba que corresponde es la de “CHI CUADRADO”: pero sí en cambio, la muestra no está agrupada, la prueba es la de “SMIRNOV-KOLMOGOROV”. Las muestras hidrológicas muy grandes (mayores de 100 datos) resultan inmanejables si se las agrupa en intervalos de clase; las pequeñas en cambio

(menos de 100 datos), frecuentemente se cometen excesivos errores si se las agrupa, por lo que es conveniente trabajarlas sin agrupar.

Para el caso de la información, la muestra es pequeña con tan sólo 47 años, por lo que no es conveniente agruparla y entonces la prueba que corresponde es la de Kolmogorov - Smirnov cuyo procedimiento se describe:

PRIMERO: Se ordena los datos de la muestra de la intensidad máxima (de mayor a menor en cada columna y se designa un número de orden. (Según criterio de Dyck y Peschke.)

Tabla 18: Intensidades máximas ordenadas – Estación WEBERBAUER (MM/HR)

Nº	<i>DURACION EN MINUTOS</i>				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	119.10	84.60	41.00	27.10	19.00
2	113.54	75.15	40.60	26.00	14.00
3	112.80	75.00	38.82	23.71	14.00
4	111.60	73.00	38.00	23.10	13.99
5	101.00	71.80	37.94	23.00	13.50
6	100.00	71.00	37.20	23.00	13.27
7	92.00	69.30	37.00	22.00	13.02
8	91.49	68.10	37.00	21.71	12.91
9	90.00	66.34	36.22	21.08	12.30
10	88.29	66.22	35.04	21.00	12.00
11	86.40	65.40	34.00	20.28	11.12
12	84.60	64.18	33.80	19.40	11.00
13	84.60	64.00	33.00	19.04	11.00
14	83.00	63.89	32.70	19.00	10.89
15	82.20	63.00	32.44	18.70	10.46
16	81.30	61.66	32.11	18.40	10.00
17	81.25	60.21	32.04	18.00	10.00
18	78.90	60.10	31.40	18.00	10.00
19	76.00	60.00	30.67	18.00	9.89
20	75.30	58.23	30.11	17.88	9.83
21	73.60	58.00	29.58	17.86	9.80
22	73.02	56.93	29.19	17.28	9.70
23	73.00	56.25	29.13	16.72	9.60
24	72.00	54.80	28.75	16.60	9.40
25	71.11	54.40	28.66	16.00	9.32
26	70.80	53.00	28.00	16.00	9.24
27	70.80	52.80	28.00	15.98	9.23

28	70.40	51.00	27.60	15.90	9.08
29	68.00	50.40	27.28	15.87	9.00
30	68.00	50.00	27.24	15.81	8.94
31	67.20	49.90	26.80	15.63	8.85
32	67.20	49.20	25.56	15.60	8.23
33	65.00	49.20	25.40	15.54	8.05
34	64.00	47.80	24.00	15.52	8.02
35	62.40	46.86	24.00	15.20	7.95
36	61.58	43.80	23.60	14.70	7.95
37	60.00	42.60	23.00	14.00	7.85
38	59.31	42.20	23.00	13.66	6.90
39	58.00	39.00	22.80	13.20	6.80
40	56.00	38.50	21.60	12.00	6.50
41	52.19	38.30	21.00	11.10	6.40
42	47.00	36.60	20.50	10.30	6.16
43	46.80	33.24	19.00	10.00	6.10
44	45.60	32.40	15.90	9.90	6.00
45	30.00	30.00	15.00	9.80	5.00
46	28.20	24.00	13.80	8.70	4.40
47	26.00	20.60	13.80	8.17	4.05

Para esta investigación se tienen 47 datos para intensidades en distintas duraciones de tiempo, representando el número de años.

SEGUNDO: Cuando se trata de un análisis de intensidades y obtener una ecuación de intensidades se usa funciones de distribución de frecuencias. Se asigna una probabilidad empírica a cada orden ocupado por cada dato, conocida como Probabilidad Observada. El modelo de probabilidad empírica más usado para muestras pequeñas, como en este caso es la de Waloddi Weibull porque elimina errores de frontera, según la ecuación (4).

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

T= periodo de retorno, en años.

n= es el número de orden correspondiente a cada valor de la serie ordenados en forma creciente,

m= es el tamaño de la muestra (número de datos de la serie)

Remplazando datos:

Para la primera fila se tiene:

n= número de años = 47

m= número de orden = 1

$$T = \frac{n + 1}{m} = \frac{47 + 1}{1} = 48$$

Para la segunda fila:

n= número de años = 47

m= número de orden = 2

$$T = \frac{n + 1}{m} = \frac{47 + 1}{2} = 24$$

Para la última fila:

n= número de años = 47

m= número de orden = 47

$$T = \frac{n + 1}{m} = \frac{47 + 1}{47} = 1.02$$

Tabla 19: Resumen con valores de T en años para cada registro de las intensidades máximas.

Nº	T años	<i>DURACIÓN EN MINUTOS</i>				
		5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1	48.00	119.10	84.60	41.00	27.10	19.00
2	24.00	113.54	75.15	40.60	26.00	14.00
3	16.00	112.80	75.00	38.82	23.71	14.00
4	12.00	111.60	73.00	38.00	23.10	13.99
5	9.60	101.00	71.80	37.94	23.00	13.50
6	8.00	100.00	71.00	37.20	23.00	13.27
7	6.86	92.00	69.30	37.00	22.00	13.02

8	6.00	91.49	68.10	37.00	21.71	12.91
9	5.33	90.00	66.34	36.22	21.08	12.30
10	4.80	88.29	66.22	35.04	21.00	12.00
11	4.36	86.40	65.40	34.00	20.28	11.12
12	4.00	84.60	64.18	33.80	19.40	11.00
13	3.69	84.60	64.00	33.00	19.04	11.00
14	3.43	83.00	63.89	32.70	19.00	10.89
15	3.20	82.20	63.00	32.44	18.70	10.46
16	3.00	81.30	61.66	32.11	18.40	10.00
17	2.82	81.25	60.21	32.04	18.00	10.00
18	2.67	78.90	60.10	31.40	18.00	10.00
19	2.53	76.00	60.00	30.67	18.00	9.89
20	2.40	75.30	58.23	30.11	17.88	9.83
21	2.29	73.60	58.00	29.58	17.86	9.80
22	2.18	73.02	56.93	29.19	17.28	9.70
23	2.09	73.00	56.25	29.13	16.72	9.60
24	2.00	72.00	54.80	28.75	16.60	9.40
25	1.92	71.11	54.40	28.66	16.00	9.32
26	1.85	70.80	53.00	28.00	16.00	9.24
27	1.78	70.80	52.80	28.00	15.98	9.23
28	1.71	70.40	51.00	27.60	15.90	9.08
29	1.66	68.00	50.40	27.28	15.87	9.00
30	1.60	68.00	50.00	27.24	15.81	8.94
31	1.55	67.20	49.90	26.80	15.63	8.85
32	1.50	67.20	49.20	25.56	15.60	8.23
33	1.45	65.00	49.20	25.40	15.54	8.05
34	1.41	64.00	47.80	24.00	15.52	8.02
35	1.37	62.40	46.86	24.00	15.20	7.95
36	1.33	61.58	43.80	23.60	14.70	7.95
37	1.30	60.00	42.60	23.00	14.00	7.85
38	1.26	59.31	42.20	23.00	13.66	6.90
39	1.23	58.00	39.00	22.80	13.20	6.80
40	1.20	56.00	38.50	21.60	12.00	6.50
41	1.17	52.19	38.30	21.00	11.10	6.40
42	1.14	47.00	36.60	20.50	10.30	6.16
43	1.12	46.80	33.24	19.00	10.00	6.10
44	1.09	45.60	32.40	15.90	9.90	6.00
45	1.07	30.00	30.00	15.00	9.80	5.00
46	1.04	28.20	24.00	13.80	8.70	4.40
47	1.02	26.00	20.60	13.80	8.17	4.05

En los 42 años de registros se ha obtenido probabilidades empíricas para periodos de retorno de 48 años máximo y 1.02 años mínimo. Dichos valores T sirven para realizar el modelamiento hidrológico, y realizar la prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov y encontrar la ecuación general de la intensidad máxima para un periodo de 5 años usando HidroEsta.

TERCERO: Realizar la simulación del modelo ajustado para las intensidades de diseño y calcular la ecuación de intensidad máxima con la aplicación HidroEsta.

En el modelo de Dyck y Peschke una vez obtenidos las intensidades máximas para determinados periodos de tiempo se debe obtener la ecuación general de las curvas IDF que se presentan a continuación de la ecuación (6):

$$I_{\max} = \frac{KxT^a}{D^b}$$

I_{\max} . = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr

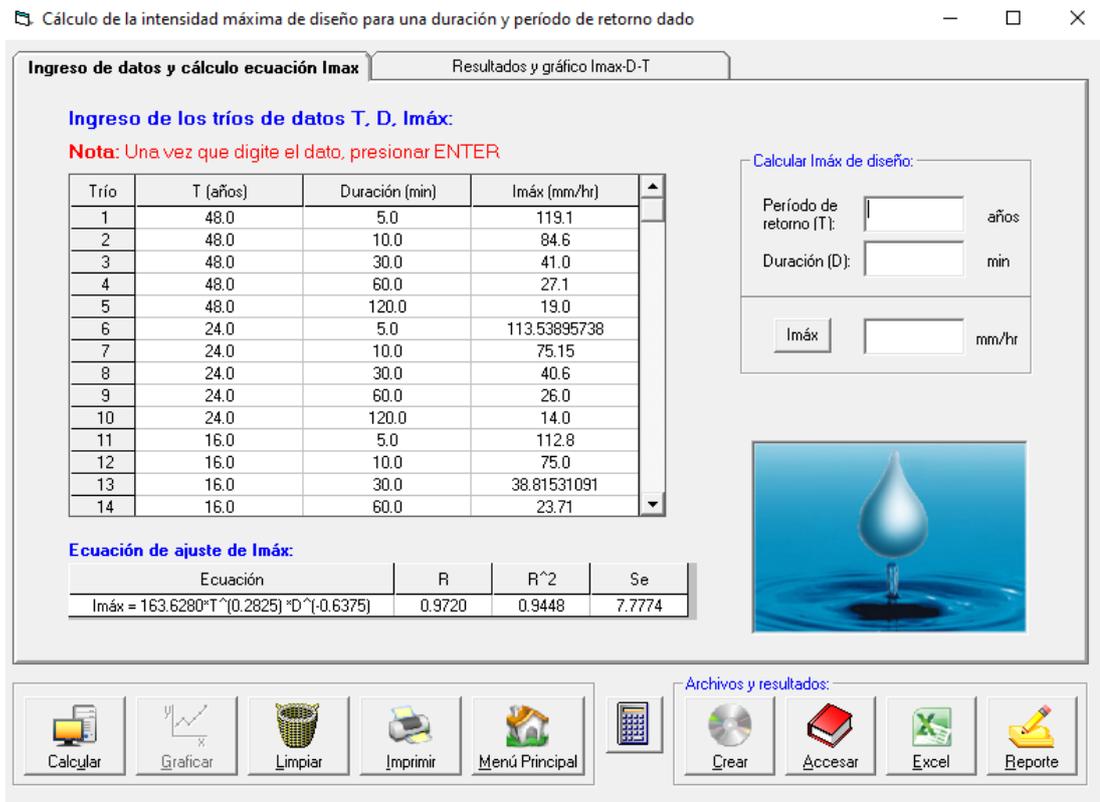
T= periodo de retorno en años

D= duración, en minutos.

Para ello se ordena los datos obtenidos de T (años), duración (min) y I_{\max} (mm/hh). Ejemplo para un periodo de tiempo en 43 años se tiene datos para 5; 10; 30; 60 y 120 min, los cuales tienen las siguientes intensidades ordenadas de: 119.1; 69.3; 27.24; 15.84 y 9.23 respectivamente. (ver anexo E.4)

Finalmente, para los cálculos indicados y *calcular la ecuación general de curvas IDF* se utiliza la opción Precipitación/Calculo intensidad máxima del Software HidroEsta, se obtiene la siguiente ecuación.

Figura 19: Resultado de la ecuación de intensidad máxima en el Software HidroEsta.



Fuente: Hidro ESTA, 2022.

La ecuación de ajuste de intensidad máxima es:

$$I_{m\acute{a}x} = 163.6280 * \frac{T^{0.2825}}{D^{0.6375}} \dots\dots\dots EC: (13)$$

Con R = 0.9720 (Coeficiente de correlación múltiple)

$I_{m\acute{a}x}$. = intensidad máxima de lluvia, en mm/hr.

T= periodo de retorno en años.

D= duración, en minutos.

CUARTO: Calculamos las intensidades con los tiempos de concentración encontrados por cada calle y detallado en la **tabla 20**, para ello se elige el método de Kirpich (1940) por ser más amplio en su aplicación a diferencia de California Culverts Practice (1942) esencialmente es la ecuación de Kirpich pero solo desarrollada para pequeñas cuencas montañosas en California.

Tabla 20: Tiempos de Concentración (min) para cálculo de intensidades con la ecuación obtenida en HidroEsta.

Nombre de calle	Cuadra	Tiempo Concentración
		Kirpich (min)
MOYOCOCHA	C1	13.17
	C2	3.40
	C3	3.45
	C4	5.07
POLONIA	C1	2.05
	C2	2.57
	C3	2.71
	C4	2.79
DINAMARCA	C1	1.13
	C2	2.34
	C3	2.88
	C4	2.90
	C5	2.26
AUSTRIA	C1	1.68
	C2	2.25
	C3	2.49
	C4	3.46
	C5	2.06
ITALIA	C1	1.45
	C2	2.96
	C3	2.59
	C4	2.82
	C5	2.59
CROACIA	C1	1.16
	C2	2.72
	C3	3.21
ALEMANIA	C1	4.79
	C2	3.47
	C3	4.12
	C4	4.82
	C5	3.37
	C6	5.23

Remplazando en la ecuación (13) para un **periodo de retorno de 5 años** y tiempos de concentración correspondiente se obtiene:

$$I_{m\acute{a}x} = 163.6280 * T^{0.2825} * D^{-0.6375} = 163.6280 * \frac{T^{0.2825}}{D^{0.6375}}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 163.6280 * \frac{5^{0.2825}}{13.17^{0.6375}}$$

$$I_{m\acute{a}x} = 49.84 \text{ mm/hr}$$

Por lo tanto, la intensidad máxima en la C1 de Moyococha es 49.84 mm/hr.

Remplazando los valores y obteniendo las intensidades de las calles participes de la siguiente investigación, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 21: Intensidades máximas de las calles Polonia, Dinamarca, Austria, Italia, Croacia, Alemania y la avenida Moyococha.

Nombre de Calle	Cuadra	Tiempo de concentración (min)	Intensidad (mm/hr)
MOYOCOCHA	C1	13.17	49.84
	C2	3.40	118.14
	C3	3.45	117.03
	C4	5.07	91.58
POLONIA	C1	2.05	163.18
	C2	2.57	141.22
	C3	2.71	136.40
	C4	2.79	133.91
DINAMARCA	C1	1.13	238.87
	C2	2.34	150.07
	C3	2.88	131.29
	C4	2.90	130.68
	C5	2.26	153.15
AUSTRIA	C1	1.68	185.53
	C2	2.25	153.71
	C3	2.49	143.96
	C4	3.46	116.89
	C5	2.06	162.57
ITALIA	C1	1.45	203.67
	C2	2.96	129.12
	C3	2.59	140.60
	C4	2.82	133.15
	C5	2.59	140.68
CROACIA	C1	1.16	234.08
	C2	2.72	136.21
	C3	3.21	122.50

	C1	4.79	94.94
	C2	3.47	116.63
ALEMANIA	C3	4.12	104.56
	C4	4.82	94.56
	C5	3.37	118.80
	C6	5.23	89.84

Una vez obtenidos las intensidades procedemos a calcular los caudales de cada calle, dichos valores obtenidos son útiles para evaluar la capacidad de las cunetas.

3.6.1.6. Determinación de caudal de demanda. (Q demanda)

Formulas según lo descrito en teoría, es necesario utilizar el método racional lo cual describe, para áreas urbanas, el área de drenaje de drenaje puede estar compuesto de subcuencas o sub áreas de diferentes características superficiales, lo cual el caudal pico puede ser calculado mediante la siguiente forma de la formula racional:

De la ecuación (5)

$$Q = 0.278 * i * \sum_{j=1}^m C_j * A_j$$

donde:

Q= Caudal pico en m³/s.

i= intensidad de la lluvia en mm/hora.

A_j= Área de drenaje de la j-ésima subcuenca en Km²

C_j= Coeficiente de escorrentía para la j-ésima subcuenca.

m: Número de subcuencas drenadas por alcantarillas o canales.

La selección del valor del coeficiente de escorrentía requiere buen criterio y gran experiencia, pero para evaluar la capacidad de las cunetas es necesario utilizar valores recomendados por la norma técnica CE. 040 Drenaje Pluvial - RNE.

Tabla 22: Coeficientes de escorrentía para ser utilizados en el método racional

CARACTERÍSTICA DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO (AÑOS)						
	2	5	10	25	50	100	500
ÁREAS DESARROLLADAS							
Asfáltico	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90	0,95	1,00
Concreto/Techo	0,75	0,80	0,83	0,88	0,92	0,97	1,00
Zonas verdes (jardines, parques, etc.)							
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,32	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,58
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,37	0,40	0,43	0,46	0,49	0,53	0,61
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,40	0,43	0,45	0,49	0,52	0,55	0,62
Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,21	0,23	0,25	0,29	0,32	0,36	0,49
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,29	0,32	0,35	0,39	0,42	0,46	0,56
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,34	0,37	0,40	0,44	0,47	0,51	0,58
ÁREAS NO DESARROLLADAS							
Área de Cultivos							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,57
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,35	0,38	0,41	0,44	0,48	0,51	0,60
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,39	0,42	0,44	0,48	0,51	0,54	0,61
Pastizales							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,25	0,28	0,30	0,34	0,37	0,41	0,53
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,33	0,36	0,38	0,42	0,45	0,49	0,58
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,37	0,40	0,42	0,46	0,49	0,53	0,60
Bosques							
<i>Plano, 0 - 2%</i>	0,22	0,25	0,28	0,31	0,35	0,39	0,48
<i>Promedio, 2 – 7%</i>	0,31	0,34	0,36	0,40	0,43	0,47	0,56
<i>Pendiente superior a 7%</i>	0,35	0,39	0,41	0,45	0,48	0,52	0,58

Fuente: NT.CE.040, 2021.

El coeficiente de escorrentía a considerar para el método racional es elegido de acuerdo con la característica de la superficie **concreto y zonas verdes** para un periodo de retorno de 5 años, según (tabla 24) y (detallado en el anexo E.1), tienen los valores de:

- $C_j = 0.80$ (Concreto/Techo);
- $C_j = 0.34$ Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área);

- $C_j = 0.28$ Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)
- $C_j = 0.23$ Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área).

Dichos valores son remplazados en la fórmula de caudal de La ecuación 5 para conseguir los valores de la siguiente tabla.

Tabla 23: Capacidad de la cuneta existe en las calles (caudal de demanda).

Nombre de calle	Cuadra	Intensidad (mm/h)	$\sum_{j=1}^m C_j * A_j$	Q (m³/s) (Demanda)	Q (m³/s) (Demanda) acumulado
Moyococha	C1	49.84	0.0334	0.46224	0.46224
	C2	118.14	0.0043	0.14276	0.60500
	C3	117.03	0.0052	0.17000	0.77501
	C4	91.58	0.0070	0.17858	0.95358
Polonia	C1	163.18	0.0026	0.12001	0.12001
	C2	141.22	0.0029	0.11394	0.23396
	C3	136.40	0.0013	0.04786	0.28182
	C4	133.91	0.0040	0.14889	0.43072
DINAMARCA	C1	238.87	0.0004	0.02927	0.02927
	C2	150.07	0.0037	0.15233	0.18160
	C3	131.29	0.0044	0.16022	0.34182
	C4	130.68	0.0042	0.15363	0.49545
	C5	153.15	0.0039	0.16751	0.66296
AUSTRIA	C1	185.53	0.0008	0.04209	0.04209
	C2	153.71	0.0040	0.16894	0.21103
	C3	143.96	0.0042	0.16809	0.37912
	C4	116.89	0.0039	0.12734	0.50645
	C5	162.57	0.0041	0.18359	0.69005
ITALIA	C1	203.67	0.0008	0.04620	0.04620
	C2	129.12	0.0040	0.14191	0.18811
	C3	140.60	0.0042	0.16417	0.35228
	C4	133.15	0.0039	0.14505	0.49733
	C5	140.68	0.0041	0.15887	0.65620
CROACIA	C1	234.08	0.0003	0.01858	0.01858
	C2	136.21	0.0034	0.12772	0.14630
	C3	122.50	0.0034	0.11492	0.26122
ALEMANIA	C1	94.94	0.0193	0.50896	0.50896
	C2	116.63	0.0021	0.06843	0.57739
	C3	104.56	0.0138	0.40222	0.97960
	C4	94.56	0.0186	0.48910	1.46870
	C5	118.80	0.0200	0.65892	2.12762
	C6	89.84	0.0030	0.07433	2.20194

Caudal máximo calculado para la calle Alemania C6 específicamente, llega a captar un caudal pico de $2.20 \text{ m}^3/\text{s}$, es la calle que capta la mayor cantidad de flujo en comparación con las demás calles, en segundo lugar, la Av. Moyococha en la cuadra 4 capta un caudal $0.95 \text{ m}^3/\text{s}$.

Según dimensiones obtenidos en campo a través de fichas técnicas se pudo conocer cuál es su capacidad máxima de las cunetas y evaluarlos. Esto va a determinar si fue necesario aumentar su capacidad o es lo suficiente para un drenaje eficiente.

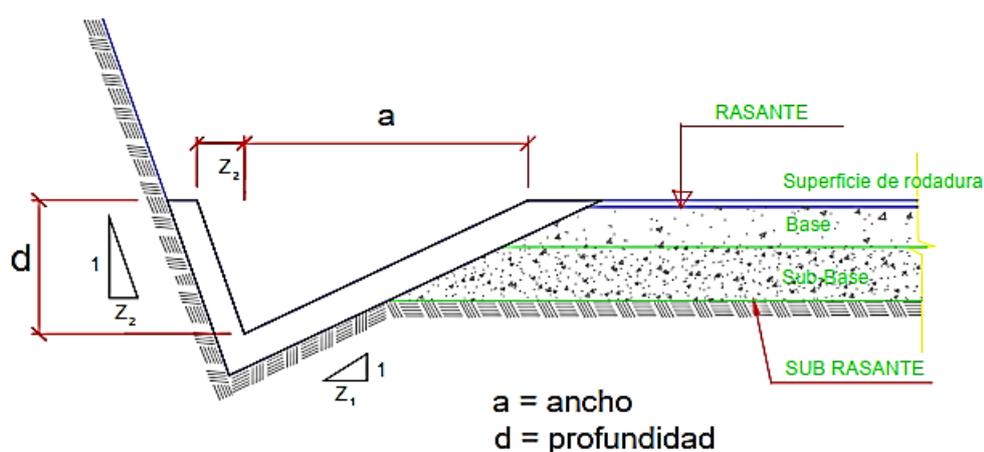
3.6.2. Capacidad de la cuneta existente en calles específicas del sector La Molina (Q de oferta).

Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje la capacidad de la cuneta se rige por dos límites:

- Caudal que transita con la cuneta llena.
- Caudal que produce la velocidad máxima admisible.

Se define las dimensiones de acuerdo a la sección transversal de las cunetas existentes. Para dicho procedimiento se toma como base el modelo de sección típica del MTC para especificar las características geométricas de cuentas.

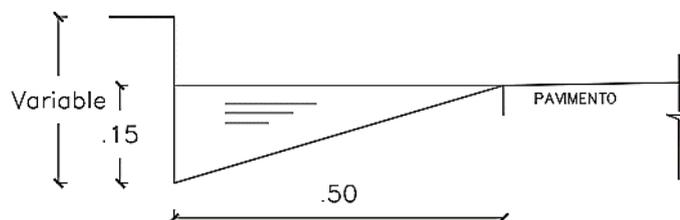
Figura 20: Sección Típica de Cuneta triangular de calles.



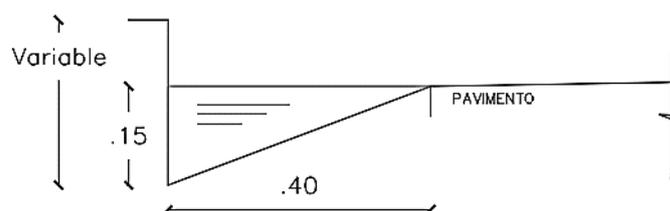
Fuente: (Manual -MTC., 2008).

Figura 21: Secciones típicas de las cunetas del Sector La Molina.

Calle: Moyococha



Calles: Alemania, Bulgaria, Suiza, Holanda, Irlanda, Polonia, Dinamarca, Italia, Austria y Croacia.



Procedimiento para determinar la capacidad de las cunetas existentes (Q de oferta)

- **El coeficiente de rugosidad de Mannig (n),** según tabla (03).

Tabla 24: Dimensiones y valores de la sección transversal de las cunetas existentes.

DATOS	CALLES	AV. MOYOCOCHA
Z2	0	0
Z1	2.645	3.355
Y (m)	0.15	0.15
n	0.014	0.014
ancho (m)	0.40	0.50

- **El radio hidráulico (R):**

$$R = \frac{d(Z_2+Z_1)}{2(\sqrt{1+Z_2^2} + \sqrt{1+Z_1^2})} \dots\dots\dots \text{EC: (14)}$$

Por lo tanto, el radio hidráulico para la Av. Moyococha es: 0.0559m y para las demás calles es 0.0518 m.

- **Área hidráulica (A):** es el área de la sección transversal ocupada por el líquido dentro del conducto, para la cuneta existente tendría un valor.

$$A = \frac{d^2(Z_2+Z_1)}{2} \dots\dots\dots \text{EC: (15)}$$

$$A = \frac{0.15^2(0.0 + 2.645)}{2} = 0.0298 \text{ m}^2$$

$$A = \frac{0.15^2(0.0 + 3.355)}{2} = 0.0377 \text{ m}^2$$

Por lo tanto, área hidráulica para las Av. Moyococha es 0.0298 m² y para las demás calles es 0.0377 m²

- **Pendientes de fondo (S=m/m)** para las Av. Moyococha es 0.375 y para las demás calles es 0.300.

Para la evaluación hidráulico de las cunetas utilizaremos el principio del flujo en canales abiertos usando la ecuación de Manning, el cual va a permitir calcular la capacidad de cada una de ellas con datos tomadas en campo, utilizamos la ecuación (9).

$$Q = \frac{\left(AxR_h^{\frac{2}{3}} x S^{\frac{1}{2}} \right)}{n}$$

Donde:

Q: Caudal (m³/seg)

A: Área de la sección (m²)

P: Perímetro mojado (m)

R_h : A/P Radio hidráulico (m) (área de la sección entre el perímetro mojado)

S: Pendiente del fondo (m/m)

n: Coeficiente de rugosidad de Manning.

Tabla 25: Capacidad de la cuneta existe en las calles (caudal de oferta).

Calle	Cuadra	Rh (m)	Área H. (m ²)	S (m/m)	Q m ³ /s (Oferta)
Av. Moyococha	C1	0.0559	0.0377	0.3000	0.2159
	C2	0.0559	0.0377	0.3000	0.2159
	C3	0.0559	0.0377	0.3000	0.2159
	C4	0.0559	0.0377	0.3000	0.2159
Polonia	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C4	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
DINAMARCA	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C4	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C5	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
AUSTRIA	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C4	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C5	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
ITALIA	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C4	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C5	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
CROACIA	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
ALEMANIA	C1	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C2	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C3	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C4	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C5	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810
	C6	0.0518	0.0298	0.3750	0.1810

La capacidad de las cunetas existentes en la Av. Moyococha y demás calles son caudales de 0.2159 m³/s y 0.1810 m³/s respectivamente.

3.6.3. Velocidad de flujo en las cunetas existentes.

Las velocidades máximas aceptables para las cunetas de calles específicas del sector La Molina es necesario utilizar la ecuación (10).

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}, \text{ donde } V: \text{ Velocidad media (m/s),}$$

donde:

El radio hidráulico:

- Para la Av. Moyococha es: 0.0559m y
- para las demás calles es: 0.0518 m.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n), según figura (01).

- Para la Av. Moyococha n: 0.014 y
- para las demás calles es 0.014.

Pendiente (S), según tabla 13.

Tabla 26: Velocidades de flujo en las cunetas de las calles principales.

Calle	Cuadra	S (m/m)	V. (m/s)
Av. Moyococha	C1	0.0096	1.03
	C2	0.0123	1.16
	C3	0.0109	1.09
	C4	0.0068	0.86
Polonia	C1	0.0183	1.41
	C2	0.0105	1.07
	C3	0.0093	1.01
	C4	0.0069	0.87
Dinamarca	C1	0.0282	1.75
	C2	0.0135	1.22
	C3	0.0078	0.92
	C4	0.0078	0.92

	C5	0.0130	1.19
Austria	C1	0.0173	1.37
	C2	0.0149	1.28
	C3	0.0113	1.11
	C4	0.0066	0.85
	C5	0.0165	1.34
Italia	C1	0.0286	1.77
	C2	0.0074	0.90
	C3	0.0102	1.05
	C4	0.0083	0.95
	C5	0.0102	1.06
Croacia	C1	0.0429	2.16
	C2	0.0092	1.00
	C3	0.0056	0.78
Alemania	C1	0.0041	0.67
	C2	0.0023	0.50
	C3	0.0059	0.81
	C4	0.0063	0.83
	C5	0.0123	1.16
	C6	0.0035	0.62
Irlanda	C1	0.0071	0.88
	C2	0.0113	1.11
	C3	0.0166	1.35
	C4	0.0120	1.14
Holanda	C1	0.0069	0.87
	C2	0.0120	1.14
	C3	0.0130	1.19
	C4	0.0139	1.23
	C5	0.0122	1.15
Suiza	C1	0.0095	1.02
	C2	0.0157	1.31
	C3	0.0093	1.01
	C4	0.0124	1.16
Bulgaria	C1	0.0027	0.54
	C2	0.0145	1.26
	C3	0.0116	1.13
	C4	0.0139	1.23

Las velocidades encontradas para las cuadras mencionadas están entre 0.50 m/s a 2.16 m/s.

3.6.4. Resultados cuantitativos de Baden.

Cálculo de pendientes transversales.

La pendiente transversal según el Manual de hidrología, hidráulica y drenaje menciona: Se recomienda pendientes transversales para el badén entre 2% y 3%, con la finalidad de reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que transporta curso natural, se recomienda dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo. Para ello determinamos las pendientes y transversales.

Tabla 27: Pendientes transversales de badenes en el sector La Molina.

Nº Badén	Ci	Cf	L (m)	i%
B1	2721.75	2721.63	6.85	1.75
B2	2721.09	2721.03	8.28	0.72
B3	2720.65	2720.57	3.34	2.40
B4	2722.76	2722.64	9.45	1.27
B5	2722.81	2722.70	9.51	1.16
B6	2722.29	2722.17	9.46	1.27
B7	2722.25	2722.19	8.38	0.72
B8	2721.61	2721.54	7.72	0.91
B9	2721.63	2721.57	8.19	0.73
B10	2720.99	2720.96	6.52	0.46
B11	2721.05	2720.96	7.39	1.22
B12	2720.33	2720.28	8.32	0.60
B13	2724.38	2724.21	9.37	1.81
B14	2724.37	2724.24	7.30	1.78
B15	2723.30	2723.16	8.33	1.68
B16	2723.32	2723.25	8.61	0.81
B17	2722.51	2722.45	7.88	0.76
B18	2722.04	2721.99	8.76	0.57
B19	2721.14	2721.01	5.09	2.55
B20	2725.20	2725.03	8.96	1.90
B21	2725.23	2725.01	10.98	2.00
B22	2724.19	2724.17	7.08	0.28
B23	2724.20	2724.17	7.19	0.42
B24	2723.66	2723.58	10.51	0.76
B25	2723.68	2723.64	6.97	0.57
B26	2723.10	2722.99	8.13	1.35
B27	2723.15	2723.04	9.61	1.14
B28	2722.27	2722.15	11.49	1.04
B29	2724.79	2724.69	7.71	1.30
B30	2724.11	2724.05	6.98	0.86
B31	2724.06	2723.97	10.86	0.83

B32	2723.39	2723.33	7.62	0.79
B33	2723.37	2723.26	8.75	1.26
B34	2722.88	2722.85	7.45	0.40
B35	2723.37	2723.36	6.27	0.16
B36	2723.26	2723.23	7.08	0.42
B37	2722.92	2722.90	6.73	0.30
B38	2729.79	2729.71	7.98	1.00
B39	2726.41	2726.22	12.50	1.52
B40	2725.23	2725.14	11.24	0.80
B41	2724.23	2724.13	11.10	0.90
B42	2723.97	2723.94	5.67	0.53
B43	2723.59	2723.46	6.49	2.00
B44	2723.64	2723.63	7.74	0.13

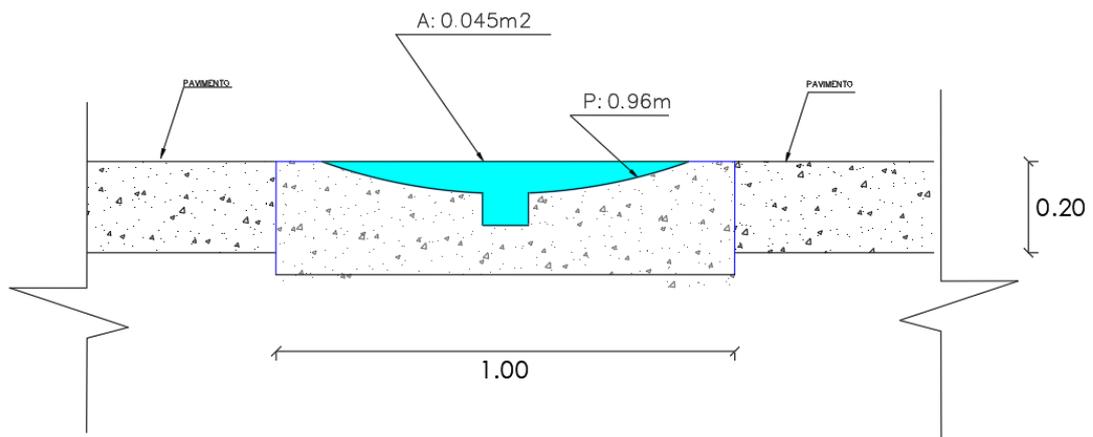
Las pendientes transversales de badenes existentes están entre $i_{\text{máx}}= 2.55\%$ y $i_{\text{mín}}= 0.13\%$.

Cálculo de velocidades en badenes.

La velocidad media es calculada con la ecuación de Manning, que se expresa por la ecuación (10):

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

Figura 22: Características geométricas del badén.



Resultados para todos los badenes, ya que tienen la misma longitud de los 44 badenes:

- A : Área de la sección hidráulica (m^2)= 0.045
- P : Perímetro mojado (m)= 0.96
- R : A/P = Radio hidráulico (m)= 0.05
- S : Pendiente de fondo (m/m) = (Ver tabla N° 29)
- n : Coeficiente de Manning (Ver Tabla 6) =0.017
-

Tabla 28: Resultados de velocidades en badenes.

Nº Badén	V (m/s)	Nº Badén	V (m/s)
B1	1.01	B23	0.49
B2	0.65	B24	0.67
B3	1.18	B25	0.58
B4	0.86	B26	0.89
B5	0.82	B27	0.82
B6	0.86	B28	0.78
B7	0.65	B29	0.87
B8	0.73	B30	0.71
B9	0.65	B31	0.70
B10	0.52	B32	0.68
B11	0.84	B33	0.86
B12	0.59	B34	0.49
B13	1.03	B35	0.31
B14	1.02	B36	0.50
B15	0.99	B37	0.42
B16	0.69	B38	0.77
B17	0.67	B39	0.94
B18	0.58	B40	0.68
B19	1.22	B41	0.73
B20	1.05	B42	0.56
B21	1.08	B43	1.08
B22	0.41	B44	0.27

Para la cantidad de badenes, las velocidades son: $V_{m\acute{a}x}=1.22m/s$ y $V_{m\acute{i}n}=0.27m/s$

3.6.5. Resultados cuantitativos de canal de drenaje.

Cálculo de pendiente longitudinal en el canal de drenaje.

Según descrito dicho canal tiene una sección de 0.60m de base y una altura variable de 0.60m hasta 1.17m. Una de sus prioridades para cumplir su funcionabilidad óptima es tener una pendiente óptima y velocidad apropiada, en cuanto a su capacidad es netamente suficiente.

Según topografía y toma de datos en campo existen distintos pendientes los cuales son evaluados en 5 tramos.

Tabla 29: Resultados de pendientes de canal de drenaje.

Tramo	Progresivas	Pendiente %
T1	0+0000 - 0+062.75	2.31%
T2	0+62.75 - 0+103.81	0.95%
T3	0+103.81 - 0+158.62	0.82%
T4	0+158.62 - 0+170.72	0.49%
T5	0+170.72 - 0+196.53	0.43%

Las pendientes están entre 0.43 hasta 2.31%.

Cálculo de velocidades en el canal de drenaje.

Según lo descrito y medidas tomadas en campo, se ha estudiado en 5 tramos obteniendo los siguientes: Área de la sección hidráulica (m^2), perímetro mojado (m) y radio hidráulico (m).

$$T1: (A=0.702m^2; P=2.94m; R=0.24m)$$

$$T2; T3: (A=0.6m^2; P=2.6m; R=0.23m)$$

$$T4; T5: (A=0.36m^2; P=1.80m; R=0.20m)$$

Los resultados de la velocidad se muestran en la tabla 30, para ello se utiliza la ecuación de Manning (11).

Tabla 30: Resultados de velocidades en el canal de drenaje.

Tramo	Pendiente (i)	R(m)	V (m/s)
T1	0.023	0.24	3.4
T2	0.009	0.23	2.2
T3	0.008	0.23	2.0
T4	0.005	0.20	1.4
T5	0.004	0.20	1.3

La velocidad máxima es 3.442 m/s en el primer tramo, y la velocidad mínima es 1.314 m/s en el quinto tramo.

3.7. Operación y mantenimiento (OyM) del sistema de drenaje pluvial.

El plan de operación es el mejoramiento del sistema dando mejores salidas del agua pluvial.

OyM de canal de drenaje:

Como se ha mencionado anteriormente al final del canal de concreto armado, el nivel terminado de la base está a 30cm abajo del canal natural, ubicado en la Prolongación Croacia, es necesario y obligatorio realizar mantenimiento periódicamente tanto al canal revestido y canal natural. El canal natural es de mayor prioridad ya que recibe en gran mayoría el caudal del sector La Molina y debe tener una pendiente mayor que 0.5% y menor de 2% recomendado por el MTC, con la finalidad de evitar que se siga acumulando sedimentos y provoque la inundación de las calles aledañas.

En los tramos T4 Y T5 de dicho canal existe sedimentos acumulados (ver fotografías de anexo A.3) y residuos sólidos debido a la poca pendiente que posee y estancamiento al final de dicho canal siendo inferior al 0.5% necesario para evitar sedimentación, es necesario la limpieza periódica en dichos tramos. Los trabajos se pueden realizar solo con la mano de obra por la complejidad debido que el canal de concreto armado está protegido con rejillas de acero debidamente soldadas.

Según recopilación de datos en ficha técnica se determina que no ha existido ningún trabajo de operación y mantenimiento en el canal de drenaje.

OyM de cunetas:

Para una mejor conducción de flujo de agua entre las de calles Alemania e Italia, una operación adecuada es dar continuidad a la cuneta o plantear una alcantarilla de cruce hasta llegar al canal natural (ANEXO D) a fin de evitar rebalse y acumulación de agua que es el punto más crítico de la zona ya que concentra la mayor parte de todo el caudal del sector La Molina, excluyendo la avenida Moyococha.

De acuerdo a la evaluación en campo e intervención de la población no se han realizado ningún mantenimiento en ninguna de las cunetas desde su uso o entrega de obra, pese a que existe evidencias de sedimentos (Ver tabla 31), charcos de agua en las calles y restos de basuras atrapados en las rejillas que están sobre las cunetas.

Tabla 31: Resultados según observación en campo: sedimentación existente en cunetas.

SEDIMENTACION Y ACUMULACION DE DESECHOS	
CALLE	CUADRA
<i>IRLANDA</i>	C1 y C4
<i>HOLANDA</i>	C1
<i>SUIZA</i>	C1 y C2
<i>BULGARIA</i>	C1 y C2
<i>ALEMANIA</i>	C1,C2,C3, C4 y C6
<i>MOYOCOCHA</i>	C1,C3 y C4
<i>POLONIA</i>	C4
<i>DINAMARCA</i>	C4
<i>ITALIA</i>	C2 y C5
<i>AUSTRIA</i>	C4
<i>CROACIA</i>	C3

De las 50 cuadras, el 42% de las ellas existe obstrucción y sedimentación.

Según recopilación de datos en ficha técnica se determina que no ha existido ningún trabajo de operación y mantenimiento en cunetas.

OyM en rejillas:

Las 119 rejillas están instaladas en las intersecciones de las calles, en las rampas para discapacitados todas están soldadas en sus dos caras, inclusive las rejillas que usan como rampas para vehículos y poseen mayor longitud están fijas. Ello imposibilita el mantenimiento de la cuneta de manera adecuada, allí se junta la basura y restos de arbustos haciendo que rebalse el agua sobre el pavimento perjudicando a los transeúntes y viviendas inundadas que poseen veredas bajas a nivel de pavimento. También, un 30% de las rejillas están dobladas hacia adentro de la cuneta debido al estacionamiento de vehículos, haciendo que esto capte basura y todo lo que arrastra el flujo por la cuneta, y por ende perjudica a los transeúntes, personas con discapacidad e intersecciones con el rebalse del agua pluvial.

En cuanto a las demás infraestructuras no se ha realizado ningún trabajo de operación y mantenimiento en badenes y alcantarilla de cruce.

Teniendo la evaluación de cunetas de esta investigación será un aporte muy necesario que al futuro se mejore dando las características necesarias y óptimas para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.

CAPITULO IV: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Evaluación de la descripción del sistema de drenaje pluvial.

- Según descripción en el ítem 3.4, recogidos en fichas técnicas, en todas las calles mencionadas como muestra de la presente investigación del Sector de La Molina, el 100% del sistema de drenaje pluvial está compuesto por las estructuras: *cunetas, 44 badenes, 1 alcantarilla de cruce y un canal de drenaje* y es de tipo por *evacuación por gravedad*, esto posibilita el bajo costo de operación y mantenimiento para el buen funcionamiento del sistema de drenaje.
- Según información recaudada del sistema de drenaje pluvial, las estructuras de las cunetas el 100% son triangulares de dos secciones transversales: En la Avenida Moyococha es de 0.50m x 0.15m y demás calles de Alemania, Bulgaria, Suiza, Holanda, Irlanda, Polonia, Dinamarca, Austria, Italia, Croacia y Prolongación Croacia son de 0.40m x 0.15m.
- Según NT.CE.040, 2021. en el artículo 21.1 especifica: “*De acuerdo a su área de influencia, la infraestructura de drenaje pluvial debe conducir el agua pluvial por acción de la gravedad, hacia la parte más baja de la habilitación urbana en dirección a vías urbanas de mayor capacidad, con la finalidad que el agua pluvial recolectada sea evacuada al mar, río o lago, mediante un emisor o dren principal.*” Lo cual, de acuerdo a la evaluación en la ficha técnica, la calle Alemania en 100% todas las cuadras son recaudadoras de caudal aguas arriba y no tienen mayor capacidad que el resto de calles. Por lo tanto, para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina fue necesario aumentar la capacidad de las cunetas en dicha calle.
- Para las características geométricas de las cunetas según la descripción, la norma CE. 040 (figura 2) de “sección transversal de cunetas” de dicho documento, menciona que *una cuneta triangular debe tener un ancho mayor o igual a 1m.*

Tabla 32: Evaluación de ancho de las cunetas del sector La Molina.

Calle	Número de cuadras	Ancho	EVALUACION Según Normativa (CE.40 - RNE) ancho \geq 1.00 m
Av. Moyococha	4	0.50	No
Alemania	6	0.40	No
Bulgaria	4	0.40	No
Suiza	4	0.40	No
Holanda	5	0.40	No
Irlanda	4	0.40	No
Polonia	4	0.40	No
Dinamarca	5	0.40	No
Austria	5	0.40	No
Italia	5	0.40	No
Croacia	4	0.40	No

De acuerdo a las dimensiones de ancho de la cuneta 0.40 m y 0.50m, se analiza que *ninguna de las calles cumple con el ancho mínimo apropiado (1.0m) por la norma técnica CE. 040 del Reglamento nacional de Edificaciones.*

- Lo descrito en el ítem 3.4 explica que al final de la Av. Moyococha existe una **alcantarilla de cruce** con una tubería de acero galvanizado circular de TMC con diámetro de 0.60m que capta toda el agua de la avenida conduciendo el caudal recibido directamente al canal de drenaje. Según información recabada del Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (2008) menciona: *“en carreteras de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento de las alcantarillas, se adoptará una sección mínima circular de 0.90 m (36”) de diámetro.”*

Manual de H, H. y Drenaje ($\phi = 0.90m$) > Alcantarilla de cruce ($\phi = 0.60m$)

Según la evaluación, la carretera es una vía principal de alto volumen de tránsito y por necesidad de limpieza y mantenimiento debió considerarse un diámetro mayor de 0.60m.

- En cuanto a la profundidad, la alcantarilla de cruce está instalada a 1.30m de profundidad a la clave de la tubería de acero galvanizado, lo cual cumple con la norma que especifica *“con respecto a la profundidad mínima de la tubería hasta la rasante de la pista debe ser de 1 m para evitar roturas y resistir las cargas vivas”*

Norma CE.040 (profundidad > 1.0m) < AC (profundidad = 1.30m)ok

Esto posibilita tener una mayor duración para el cual fue diseñado, evitar roturas y resistir a las cargas vivas por ser una vía principal de carga pesada y cumplir un drenaje pluvial adecuado en épocas de precipitaciones pluviales.

- Según (tabla 6) de la lista de pasajes en la Av. Moyococha, existen 11 pasajes de los cuales 8 son trochas y 3 han tenido mantenimiento, las trochas que mucha tierra proporciona son los que más perjudican a las cunetas, dichas trochas son: pasajes de José Mercedes, lote del señor Emperatriz y Av. Andrés Gonzales. Pasajes con mantenimiento son las menos perjudiciales debido a que aportan en menos cantidades de desprendimiento de residuos sólidos y material orgánico.

Perjudiciales para las cunetas (pasajes) 73% trochas y 27% con poco mantenimiento.

De todo ello, se ha detectado que existen mucho material orgánico en cunetas en las 4 cuadras de la avenida Moyococha (tabla 6) con espesores de 3cm a 7cm en diferentes tramos. Dichos pasajes son de influencia directa los cuales afectan la estructura y la pavimentación perjudicando a la misma población.

Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje dice en sus escritos en el ítem 4.1.2.1. *“Las cunetas son zanjas longitudinales revestidas o sin revestir abiertas en el terreno, ubicadas a ambos lados o a un solo lado de la carretera, con el objeto de captar, conducir y evacuar adecuadamente los flujos del agua superficial”*. Por lo tanto, ambos lados de las cunetas de la Av. Moyococha en un 54% no está cumpliendo su función adecuadamente de conducir y evacuar los flujos de agua pluvial.

Por ende, su sistema de drenaje es deficiente por la acumulación de sedimentos, existe rebalse de agua pluvial e inundaciones en la parte baja de la avenida.

- Según descripción en el ítem 4.3. y fotografía de la figura 10, la longitud total de cuneta en la Av. Moyococha es 758.25m, en el 79% de su longitud de la cuneta superior a la pavimentación está instalado una tubería de 2” de PVC para suministro de agua potable a Cajamarcorco sobre la cuneta (aire libre), provocando malestar, basura o material sólido que obstaculice el libre flujo de agua, existiendo rebalse en sus estructuras, estancamientos de residuos sólidos perjudiciales para la vía y salud pública. Este tipo de tuberías no deberían ir expuestas en ninguna de las cunetas por temas técnicos y

seguridad de la población.

4.2. Las condiciones físicas de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial.

Después de haber realizado las exploraciones y constantes visitas a dicho sector La Molina, se ha recogido información y datos de las condiciones físicas de la infraestructura del sistema de drenaje pluvial en fichas técnicas, el cual fue detallado en el ítem 3.5.

- En el sistema de drenaje pluvial existen varias obras de arte que cumplen la función de evacuar el agua pluvial: Cunetas, badén, canal de drenaje y una alcantarilla de cruce. De la evaluación del sistema de drenaje pluvial, se tiene los siguientes resultados:

Cunetas, detallado en la tabla 8:

- **Grietas:** Avenida Moyococha C2 (01 grieta).
- **Fisuras:** Alemania C2 (1), Bulgaria C1 (1), Suiza C3 (2), Holanda C4 (2), Moyococha C1(1)-C3(1), Polonia C2 (1), Dinamarca C2(1), Austria C3(1), Italia C5 (1).
- **Roturas:** No identificados.

Según observación y descripción, las condiciones físicas de cunetas: existe 1 cuadra con grietas, 10 cuerdas con fisuras y ninguna rotura. Por lo tanto, según evaluación el 20% de las cuerdas cuentan con detalles.

Dichos desperfectos en ellas se deben a los vehículos menores y pesados que utilizan las cunetas como zona de parqueo, necesariamente se debe impedir que las fisuras se conviertan en grietas y crezcan hierbas que afectarían la funcionalidad eficiente del drenaje de agua pluvial.

Badén, detallado en la tabla 9:

- **Grietas:** No identificados.
- **Fisuras:** No identificados.
- **Roturas:** No identificados.

Por lo tanto, según evaluación el badén su condición física el 100% está en buen estado, el cual en cuanto a su estructura ayuda a drenar el agua pluvial y conectar a las cunetas

para conducir dicho flujo a la parte baja.

Canal de drenaje, detallado en la tabla 10:

- **Grietas:** No identificados.
- **Fisuras:** No identificados.

Por lo tanto, según evaluación el canal de drenaje su condición física, el 100% está en buen estado, esto permite no tener fugas y evacuar el flujo para el cual fue diseñado para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial, por ser una obra ejecutada y entregado a su servicio recientemente en el año 2022, con ello hace posible infraestructuralmente a tener un buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

Alcantarilla de cruce, detallado en la tabla 11:

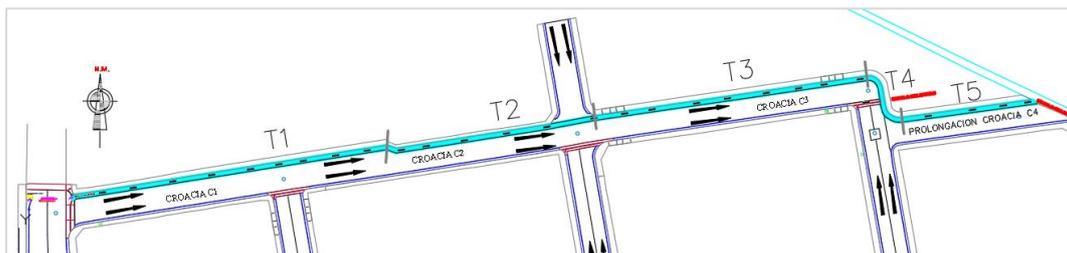
En la descripción para la alcantarilla de cruce de TMC de su condición física, el 100% está en buen estado estructuralmente, esto permite evacuar el flujo de la avenida Moyococha adecuadamente y tiene una pendiente de 2% para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial según el manual de MTC.

Por lo descrito y cuantificado las estructuras hidráulicas del sistema de drenaje pluvial están en buen estado, por ser una obra ejecutada recientemente y entregados al servicio de la población a inicios del año 2022, con ello hace posible infraestructuralmente a tener un buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

4.3. Evaluación hidráulica.

- Según el análisis de la pendiente longitudinal del canal de drenaje se evalúa y emite un juicio de valor en base al Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje (la pendiente longitudinal debe estar comprendida entre $0.5\% < i < 2\%$, se obtiene los siguientes resultados.

Figura 23: Ubicaciones de tramos del canal de drenaje.



Para dichos tramos de T1 – T5 se realiza la siguiente evaluación del canal de drenaje.

Tabla 33: Evaluación de pendiente de canal de drenaje.

Tramo	Pendiente (i)	Evaluación $i > 0.50\%$ MHHD
T1	2.31%	Evita sedimentación
T2	0.95%	Evita sedimentación
T3	0.82%	Evita sedimentación
T4	0.49%	Propenso a la sedimentación
T5	0.43%	Propenso a la sedimentación

En los últimos tramos T4 y T5 no cumplen con la pendiente mínima y se verifica en campo con la sedimentación existente. (Ver fotografías de anexo A.3) evidenciando no tener un buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en los últimos tramos del canal de drenaje produciendo rebalse e inundaciones por falta de descarga libre.

Además, según resultados de la tabla 30, se realiza el análisis y se evalúa con las velocidades para los 5 tramos

Tabla 34: Evaluación de velocidades del canal de drenaje.

Tramo	V (m/s)	Evaluación ($V_{\text{máx}}=3-6\text{m/s}$), Máximo V.
T1	3.4	Evita sedimentación
T2	2.2	Propenso a sedimentación
T3	2.0	Propenso a sedimentación
T4	1.4	Propenso a sedimentación
T5	1.3	Propenso a sedimentación

En ambos tramos últimos específicamente según análisis de pendiente y velocidad son propensos a contener sedimentación, y por falta de descarga libre existe rebalse de agua pluvial e inundación en la calle Prolongación Croacia.

Por último, según análisis y resultados se imite un juicio de evaluación en base a la norma técnica CE.040 donde el canal de drenaje *debe descargar libremente hasta 1m sobre los niveles máximos esperados para evitar obstrucción y destrucción de la infraestructura del drenaje pluvial*. Dicho canal natural esta 30cm sobre la base del canal de concreto armado, lo que amerita que el canal natural sea limpiado hasta 1.30m aproximadamente de su nivel de base actual para el buen funcionamiento y tener una descarga libre adecuada.

- Con datos obtenidos según levantamiento topográfico y cálculos en la tabla 12: Se realiza el análisis para evaluar la pendiente longitudinal de las cunetas, para el Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje la pendiente longitudinal debe estar comprendida entre la condición de autolimpieza y la que produciría velocidades erosivas, es decir:

$$0.5\% < i < 2\%$$

Tabla 35: Evaluación de cuenta: Pendiente longitudinal.

Nombre de calle	Cuadra	Pendiente (%)	Evaluación según MTC 0.5%<i<2%
MOYOCOCHA	C1	0.96%	Autolimpieza
	C2	1.23%	Autolimpieza
	C3	1.09%	Autolimpieza
	C4	0.47%	Propenso a sedimentación
POLONIA	C1	1.83%	Autolimpieza
	C2	1.05%	Autolimpieza
	C3	0.93%	Autolimpieza
	C4	0.69%	Autolimpieza
DINAMARCA	C1	2.82%	Erosivas
	C2	1.35%	Autolimpieza
	C3	0.78%	Autolimpieza
	C4	0.78%	Autolimpieza
	C5	1.30%	Autolimpieza
AUSTRIA	C1	1.73%	Autolimpieza
	C2	1.49%	Autolimpieza
	C3	1.13%	Autolimpieza
	C4	0.48%	Propenso a sedimentación
	C5	1.65%	Autolimpieza

ITALIA	C1	2.86%	Erosivas
	C2	0.74%	Autolimpieza
	C3	1.02%	Autolimpieza
	C4	0.83%	Autolimpieza
	C5	1.02%	Autolimpieza
CROACIA	C1	4.29%	Erosivas
	C2	0.92%	Autolimpieza
	C3	0.56%	Autolimpieza
ALEMANIA	C1	0.41%	Propenso a sedimentación
	C2	0.23%	Propenso a sedimentación
	C3	0.59%	Autolimpieza
	C4	0.48%	Propenso a sedimentación
	C5	1.23%	Autolimpieza
	C6	0.35%	Propenso a sedimentación
IRLANDA	C1	0.71%	Autolimpieza
	C2	1.13%	Autolimpieza
	C3	1.66%	Autolimpieza
	C4	1.20%	Autolimpieza
HOLANDA	C1	0.49%	Propenso a sedimentación
	C2	1.20%	Autolimpieza
	C3	1.30%	Autolimpieza
	C4	1.39%	Autolimpieza
	C5	1.22%	Autolimpieza
SUIZA	C1	0.95%	Autolimpieza
	C2	1.57%	Autolimpieza
	C3	0.93%	Autolimpieza
	C4	1.24%	Autolimpieza
BULGARIA	C1	0.27%	Propenso a sedimentación
	C2	1.45%	Autolimpieza
	C3	1.16%	Autolimpieza
	C4	1.39%	Autolimpieza

Las pendientes de las cunetas oscilan entre 0.23% - 4.29%, solo el 16% no cumplen estar dentro del rango lo que imposibilita la auto autolimpieza de las calles de Bulgaria C1, Alemania C1, C2, C4 y C6, Austria C4, Holanda C1 y Moyococha C4, producto de la acumulación de sedimentos esta propenso a sufrir rebalse de agua pluvial a la pavimentación e inundaciones en algunas viviendas que tienen veredas a nivel de pavimentación.

▪ **La evaluación de la capacidad de la cuneta.**

Según resultados de un procedimiento minucioso con información proporcionada de Senamhi de la estación "Augusto Weberbauer" se ha encontrado caudales picos (caudal de demanda) para calles principales que trasladan el agua pluvial según sus áreas tributarias. Y se ha encontrado la capacidad de las cunetas (caudal de oferta) de acuerdo a la sección típica existente en el sector La Molina.

Tabla 36: Evaluación de la capacidad de la cuneta en las calles de La Molina.

Nombre de calle	Cuadra	Q m3/s (Oferta)	Comparación	Q m3/s (Demanda)	EVALUACIÓN
MOYOCOCHA	C1	0.2159	<	0.4622	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C2	0.2159	<	0.6050	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C3	0.2159	<	0.7750	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C4	0.2159	<	0.9536	Aumentar la capacidad Hidráulica
POLONIA	C1	0.1810	>	0.1200	...ok
	C2	0.1810	<	0.2340	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C3	0.1810	<	0.2818	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C4	0.1810	<	0.4307	Aumentar la capacidad Hidráulica
DINAMARCA	C1	0.1810	>	0.0293	...ok
	C2	0.1810	<	0.1816	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C3	0.1810	<	0.3418	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C4	0.1810	<	0.4954	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C5	0.1810	<	0.6630	Aumentar la capacidad Hidráulica
AUSTRIA	C1	0.1810	>	0.0421	...ok
	C2	0.1810	<	0.2110	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C3	0.1810	<	0.3791	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C4	0.1810	<	0.5065	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C5	0.1810	<	0.6900	Aumentar la capacidad Hidráulica
ITALIA	C1	0.1810	>	0.0462	...ok
	C2	0.1810	<	0.1881	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C3	0.1810	<	0.3523	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C4	0.1810	<	0.4973	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C5	0.1810	<	0.6562	Aumentar la capacidad Hidráulica
CROACIA	C1	0.1810	>	0.0186	...ok
	C2	0.1810	>	0.1463	...ok
	C3	0.1810	<	0.2612	Aumentar la capacidad Hidráulica
ALEMANIA	C1	0.1810	<	0.5090	Aumentar la capacidad Hidráulica
	C2	0.1810	>	0.0684	...ok
	C3	0.1810	<	0.4022	Aumentar la capacidad Hidráulica

C4	0.1810	<	0.8913	Aumentar la capacidad Hidráulica
C5	0.1810	<	1.5502	Aumentar la capacidad Hidráulica
C6	0.1810	<	1.6246	Aumentar la capacidad Hidráulica

Para la calle Morococha la cuneta construida de todas las cuadras tiene una capacidad de caudal (Q oferta) de 0.2159 m³/s y según cálculos encontrados para un periodo de 5 años la cuneta debe poseer una capacidad (Q demanda) en la cuadra 1 es de 0.46 m³/s, C2= 0.61m³/s; C3=0.78m³/s y C4=0.95m³/s siendo la capacidad de cuneta existente menor a la capacidad calculada que debe poseer, es decir (Q oferta < Q demanda). Por lo que fue necesario aumentar la capacidad hidráulica en calles principales mencionadas de la presente investigación y disminuir el rebalse e inundaciones en la parte baja de la avenida.

Para la calle Alemania C3, C4, C5 y C6 la cuneta construida tiene una capacidad (caudal de oferta) de 0.1810m³/s y según cálculos encontrados la cuneta debe poseer una capacidad aproximada en la C3=0.40m³/s; C4=0.89m³/s; C5= 1.55m³/s C6=1.62m³/s, se nota una notoria diferencia, causando inundación en las cuadras C3, C4 y C6 de la avenida por ser un emisor de poca capacidad de traslado de agua pluvial.

Con todos los resultados cuantitativos, ello evidencia que existe rebalse de agua pluvial hacia el pavimento de las cunetas que tienen poca capacidad (Tabla 36) y en zonas bajas son propensos de sufrir inundaciones en viviendas por acumulación de agua ya que cuentan con veredas bajas casi a nivel de pavimento y con desniveles de 0.04m a 0.21m, dichos resultados muestran tener un sistema de drenaje deficiente

- Según resultados (tabla 26 de velocidades y tabla 31 sedimentación existente). Las velocidades máximas admisibles según Máximo Villon B. en su teoría menciona: para un conducto revestido de concreto la velocidad máxima debe ser de 3.0 m/s y según la Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones la velocidad mínima, esta es igual que 0,90 m/s en condición del caudal de diseño, para evitar la sedimentación de las partículas como las arenas y gravas que acarrea el agua pluvial.

Tabla 37: Evaluación de cuenta: pendiente longitudinal de flujo.

Calle	Cuadra	V. (m/s)	V. (m/s)>0.90 m/s. NT.CE 0.40 RNE	Sedimentación existente (Ficha tecnica)
Av. Moyococha	C1	1.03	Evita sedimentación	Si, mitad de cuadra
	C2	1.16	Evita sedimentación	
	C3	1.09	Evita sedimentación	existe sedimentación
	C4	0.71	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
Polonia	C1	1.41	Evita sedimentación	
	C2	1.07	Evita sedimentación	
	C3	1.01	Evita sedimentación	
	C4	0.87	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
Dinamarca	C1	1.75	Evita sedimentación	
	C2	1.22	Evita sedimentación	
	C3	0.92	Evita sedimentación	
	C4	0.92	Evita sedimentación	existe sedimentación
	C5	1.19	Evita sedimentación	
Austria	C1	1.37	Evita sedimentación	
	C2	1.28	Evita sedimentación	
	C3	1.11	Evita sedimentación	
	C4	0.73	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C5	1.34	Evita sedimentación	
Italia	C1	1.77	Evita sedimentación	
	C2	0.90	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C3	1.05	Evita sedimentación	
	C4	0.95	Evita sedimentación	
	C5	1.06	Evita sedimentación	existe sedimentación
Croacia	C1	2.16	Evita sedimentación	
	C2	1.00	Evita sedimentación	
	C3	0.78	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
Alemania	C1	0.67	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C2	0.50	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C3	0.81	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C4	0.72	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C5	1.16	Evita sedimentación	
	C6	0.62	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
Irlanda	C1	0.88	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C2	1.11	Evita sedimentación	
	C3	1.35	Evita sedimentación	
	C4	1.14	Evita sedimentación	
Holanda	C1	0.73	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
	C2	1.14	Evita sedimentación	
	C3	1.19	Evita sedimentación	
	C4	1.23	Evita sedimentación	

	C5	1.15	Evita sedimentación	
Suiza	C1	1.02	Evita sedimentación	
	C2	1.31	Evita sedimentación	
	C3	1.01	Evita sedimentación	
	C4	1.16	Evita sedimentación	
	C1	0.54	Propenso a sedimentación	existe sedimentación
Bulgaria	C2	1.26	Evita sedimentación	existe sedimentación
	C3	1.13	Evita sedimentación	
	C4	1.23	Evita sedimentación	

Las velocidades menores a 0.90m/s son las más propensas de contener sedimentación y es corroborado en campo mediante fichas técnicas, el 27% de las cuadras imposibilita la auto autolimpieza generando malestar en la población por la acumulación de sedimentación, residuos sólidos y agua pluvial, el cual podría perjudicar al bienestar y salud de los habitantes. Y por ende la muestra la deficiencia del sistema de drenaje pluvial en calles especificados en la tabla 37.

▪ **El estudio para la evaluación de badenes:**

Según resultados de la tabla 27, se tiene pendientes entre 2.55% - 0.13%. Según Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje es necesario dotar al badén de una pendiente transversal que permita una adecuada evacuación del flujo entre 2% y 3%, donde: El badén tiene una longitud trasversal variable y una dimensión longitudinal de 1.0m, se analiza que, de los 44 badenes existentes el 90.9% no cumple con la pendiente entre el 2% - 3%, siendo inferior al mínimo. Solo el 9.1% de los construidos cumple con estar dentro del rango que permita una adecuada evacuación de flujo pluvial para el buen funcionamiento del sistema de drenaje y reducir el riesgo de obstrucción del badén con el material de arrastre que aporta el curso natural.

Además, se realiza el análisis para su evaluación teniendo en cuenta sus velocidades (tabla 28) y ver ubicación en plano hidráulico (anexo B.):

Tabla 38: Evaluación de cuenta: velocidad de flujo.

N.º Badén	V (m/s)	Evaluación (V>0.9m/s), CE.040
B1	1.0	Evita sedimentación
B2	0.7	Propenso a sedimentación
B3	1.2	Evita sedimentación
B4	0.9	Propenso a sedimentación

B5	0.8	<i>Propenso a sedimentación</i>
B6	0.9	<i>Propenso a sedimentación</i>
B7	0.6	<i>Propenso a sedimentación</i>
B8	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B9	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B10	0.5	<i>Propenso a sedimentación</i>
B11	0.8	<i>Propenso a sedimentación</i>
B12	0.6	<i>Propenso a sedimentación</i>
B13	1.0	Evita sedimentación
B14	1.0	Evita sedimentación
B15	1.0	Evita sedimentación
B16	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B17	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B18	0.6	<i>Propenso a sedimentación</i>
B19	1.2	Evita sedimentación
B20	1.1	Evita sedimentación
B21	1.1	Evita sedimentación
B22	0.4	<i>Propenso a sedimentación</i>
B23	0.5	<i>Propenso a sedimentación</i>
B24	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B25	0.6	<i>Propenso a sedimentación</i>
B26	0.9	<i>Propenso a sedimentación</i>
B27	0.8	<i>Propenso a sedimentación</i>
B28	0.8	<i>Propenso a sedimentación</i>
B29	0.9	<i>Propenso a sedimentación</i>
B30	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B31	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B32	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B33	0.9	<i>Propenso a sedimentación</i>
B34	0.5	<i>Propenso a sedimentación</i>
B35	0.3	<i>Propenso a sedimentación</i>
B36	0.5	<i>Propenso a sedimentación</i>
B37	0.4	<i>Propenso a sedimentación</i>
B38	0.8	<i>Propenso a sedimentación</i>
B39	0.9	Evita sedimentación
B40	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B41	0.7	<i>Propenso a sedimentación</i>
B42	0.6	<i>Propenso a sedimentación</i>
B43	1.1	Evita sedimentación
B44	0.3	<i>Propenso a sedimentación</i>

Con el análisis obtenido, el 77% de los badenes están propensos a contener sedimentación, producto de ello existe rebalse y no cumple un buen funcionamiento.

4.4. Evaluación de operación y mantenimiento.

Según Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación vial, la actividad de conservación tiene como objetivo intervenir de forma oportuna en la evaluación de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial en el periodo de vida útil. Existen dos tipos de mantenimiento rutinario y periódico.

- Según evaluación y descripción en el ítem 3.7. del **mantenimiento de las obras de arte** que conforman el sistema de drenaje pluvial, se realiza el análisis:

Tabla 39: Evaluación del mantenimiento de las obras de arte del sistema de drenaje pluvial.

MANTENIMIENTO DE CUNETAS, BADÉN, ALCANTARILLA DE CRUCE Y CANAL DE DRENAJE		
CALLE	CUADRA	MANTENIMIENTO
<i>IRLANDA</i>	C1,C2,C3 y C4	Ninguna vez
<i>HOLANDA</i>	C1,C2,C3,C4 y C5	Ninguna vez
<i>SUIZA</i>	C1,C2,C3 y C4	Ninguna vez
<i>BULGARIA</i>	C1,C2,C3 y C4	Ninguna vez
<i>ALEMANIA</i>	C1,C2,C3,C5 y C6	Ninguna vez
<i>MOYOCOCHA</i>	C1,C2,C3 y C4	Ninguna vez
<i>POLONIA</i>	C1,C2,C3,C4 y C5	Ninguna vez
<i>DINAMARCA</i>	C1,C2,C3,C4 y C6	Ninguna vez
<i>AUSTRIA</i>	C1,C2,C3,C4 y C7	Ninguna vez
<i>ITALIA</i>	C1,C2,C3,C4 y C8	Ninguna vez
<i>CROACIA</i>	C1,C2, y C3	Ninguna vez
<i>PROL. CROACIA</i>	C1	Ninguna vez

Indica que el 100% de las obras de arte no existió la intervención o iniciativa de las autoridades en realizar mantenimiento rutinario desde su construcción ya que es de responsabilidad de los gobiernos locales según DL N° 1356 del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

- Según análisis, evaluación e inspección de resultados según observación en campo, de las 50 cuadras en un 42% de ellos contienen sedimentación y acumulación de desechos (Ver tabla 31).

- La existencia de sedimentación en la Av. Moyococha detallado en la tabla 7 de las 4 cuadras representa el 53.4% que está obstaculizado y ello hace que exista rebalse e inundaciones con más probabilidad en zonas bajas, incluyendo la falta de pendiente y velocidad.

- De las 119 rejillas instaladas en las rampas para discapacitados, el 100% están soldadas en sus dos caras. En ellos existen basuras, cúmulos de tierra y demás obstáculos, estas están instalados sobre las cunetas generando el desvío del agua pluvial, riesgos y peligros en peatones y tránsito vehicular en las intersecciones de las calles. Por lo tanto, es necesario siempre la operación y mantenimiento rutinario y periódica para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

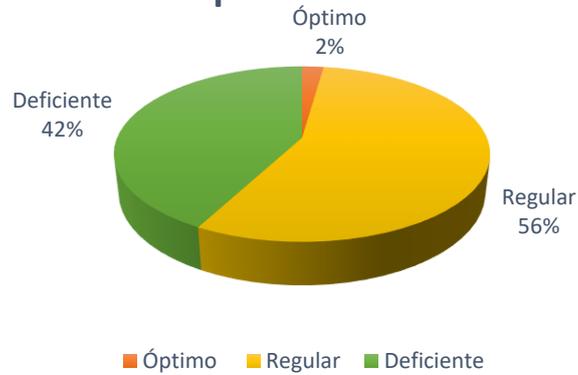
4.5. Encuesta a residentes del sector La Molina para realizar una evaluación.

Para aplicar este tipo de evaluación es basado en un modelo de encuesta de la tesis “Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa” trabajo y fue validada por la Universidad Privada del Norte, autor Ing. Eric Paul Yañez Portal.

La encuesta presentada a continuación fue realizada el 01 de setiembre a una muestra de 45 personas, pobladores residentes el cual evalúan el sistema de drenaje pluvial.

Figura 24: Evaluación del funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina en épocas de precipitaciones pluviales.

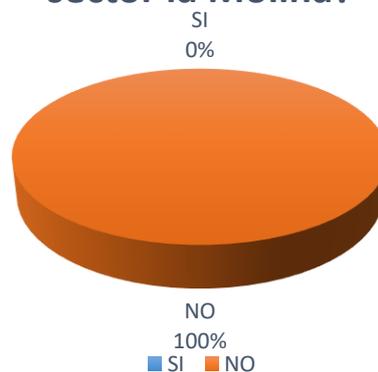
¿Cómo evalúa usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en el sector la Molina en épocas de precipitaciones pluviales?



Deficiente 42%, Regular 56% y Óptimo 2%, demostrando que la mayoría de las calles son regulares en su drenaje y deficiente en calles de la parte baja que se acumulan agua y provocan inundaciones.

Figura 25: Operación y mantenimiento del sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina.

¿Usted, alguna vez ha observado que se ha realizado la limpieza de cuentas, badén, alcantarilla de cruce y canal de drenaje en el sector la Molina?



En cuanto a su mantenimiento y operación del sistema de drenaje pluvial, las opiniones y observación realizada se evidencia en el sector NO se han realizado ninguna acción de mantenimiento (limpieza de las obras de arte).

Además, la misma población no coopera con el mantenimiento de sus entradas de su vivienda, muchos pobladores siguen mejoramiento sus viviendas o nuevas construcciones, ellos mismos acumulan desmontes y no preservan limpias las cunetas siendo fundamental para evitar daños o perjuicios a las personas y viviendas en épocas de precipitaciones.

Figura 26: Calle o calles en específica que presenciaron inundaciones producto de las precipitaciones pluviales.



Los participantes de la encuesta mencionaron calles específicas, el cual corrobora los cálculos de la investigación de inundaciones producto de poca pendiente, las cunetas no poseen la capacidad suficiente para traslado de agua pluvial que cae en dicho sector, por ejemplo, en las calles de Moyococha, Bulgaria y Alemania, falta de limpieza en el canal de drenaje de concreto armado y canal natural produce inundaciones en la calle Prol. Croacia, la mayoría de las inundaciones es en Moyococha C4 y Alemania. para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina distrito de Baños del Inca – Cajamarca.

4.6. Alternativas de solución para evitar inundaciones:

1. Si existe poca capacidad de traslado de agua pluvial de las cunetas (comprobada), específicamente la calle Alemania, dichas cunetas debe tener mayor capacidad para trasladar el caudal recaudado, la alternativa de solución técnicamente recomendable es construir badenes alternativos para disminuir un 50% del caudal en la calle Alemania y evitar la inundación en la cuadra C4 y C6 de dicha calle. (ver Anexo D. Plano de soluciones alternativas)
2. Para evitar rebalses e inundaciones en la calle Alemania, una alternativa es dar continuidad al flujo en la misma dirección de la calle Alemania construyendo un badén y evitar colmatación de agua o construir una alcantarilla de cruce con sus cajas reductoras de caudal debidamente tapadas con rejilla para evitar cualquier perjuicio a la población teniendo en cuenta los caudales máximos de esta presente investigación. Dichas estructuras van a conducir el agua pluvial directamente al canal natural de drenaje que recolecta todo el flujo de la zona central, de esta forma evitar la acumulación de agua en los puntos críticos, no perjudicar a la población aledaña y de la parte más baja, que aún es una vía no pavimentada. De esta forma contribuir al buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.
3. En el canal de drenaje que fue teóricamente comprobado con la evaluación en campo y observación es que su funcionabilidad es deficiente porque no poseen la pendiente y velocidad de flujo mínimo en su estructura y en la parte final la entrega de flujo es deficiente, por tales motivos dicho canal natural necesita obligatoriamente que se ejecute un mantenimiento rutinario en todo su trayecto dándole una pendiente no menor del 0.50%, esto para evitar la inundación en la calle Prolongación Croacia y al final de la C4 de la calle Bulgaria, para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.
4. En la Av. Moyococha las inundaciones en las C3 y C4 se debe a la acumulación de sedimentos y poca capacidad de las cunetas para trasladar el agua pluvial. Una solución alternativa es realizar permanentemente el mantenimiento de los 11 pasajes, realizar la operación de limpieza de las cunetas periódicamente o rutinario. hacer que las rejillas más largas que son rampas para vehículos acumuladoras de basuras sean con bisagras u

otro tipo para poder realizar labores de limpieza cuando se colmate y dar libre conducción de flujo. Otra opción es ejecutar por parte de la entidad municipal un proyecto de mejora de para todos los pasajes, lo que permitirá aminorar el cúmulo de sedimentos en las cunetas de la vía principal de Moyococha.

5. La solución para aminorar los problemas de rebalse e inundaciones en obras menores es realizar los trabajos de OyM periódicamente en toda la infraestructura del sistema de drenaje pluvial identificados como deficientes.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se concluye según descripción el sistema de drenaje pluvial, está conformado por cunetas, badenes, alcantarilla de cruce y canal de drenaje de tipo evacuación por gravedad, donde el 100% las cunetas son de sección triangular y todos ellos no cumplen con el ancho recomendado (1.0m) por la norma CE.040, también existen 11 pasajes en la Av. Moyococha que perjudican las cunetas con sedimentos donde el 54% de su longitud no cumplen su función adecuadamente provocando inundación en la parte baja. El 100% de las cunetas de la calle Alemania tiene la misma capacidad que el resto de calles siendo un emisor o dren principal provocando malestar a las viviendas y población, por último, la alcantarilla de cruce su diámetro es 0.60m menor a 0.90m mínimo (MTC) por necesidad de limpieza y mantenimiento, cumpliendo criterios básicos se pudo evitar tener un drenaje deficiente.
- Las condiciones físicas del sistema de drenaje pluvial el 100% es de concreto pulido y en buen estado (canal de drenaje, badenes y alcantarilla de cruce), solo las cunetas de las cuadras el 20% tienen detalles prevaleciendo las fisuras. Por lo que, su buena condición física contribuye con la infraestructura para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial del sector La Molina.
- Según evaluación hidráulica del sector La Molina: Existe deficiencia en T4 y T5 del canal de drenaje debido a $i < 0.5\%$ y $V < 0.9$ m/s necesarios para su auto limpieza y evitar sedimentación, también existe el problema de descarga libre. Según tabla 36 de las calles principales evaluadas el 78% de las cunetas no tiene la suficiente capacidad ($Q_{oferta} < Q_{demanda}$) para evacuar eficientemente el agua pluvial; el 27% de todas cunetas en las cuadras y el 77% en badenes son propensos a contener sedimentación debido a no tener la velocidad y pendiente mínima requerida. Por lo tanto, según resultados el sistema es deficiente porque existe rebalse en las estructuras y por ende no existe un buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial producto de las precipitaciones.
- Se determina en la evaluación que el 100% de las estructuras hidráulicas del sistema de drenaje pluvial no hubo la intervención o iniciativa de las autoridades locales en realizar

mantenimiento desde su puesto en uso siendo muy necesario y obligatorio, teniendo dichos resultados: en el 42% de cunetas en cuadras existen acumulación de sedimentos y residuos sólidos, en el canal de drenaje la sedimentación en T4 y T5 los sedimentos tienen un espesor hasta de 15cm de altura o sección de 0.09m^2 y un difícil de descarga libre que perjudican directamente a la calle Prolongación Croacia que es afectado por las constantes inundaciones, y las 119 rejillas instalados para discapacitados necesitan mantenimiento rutinario por poseer residuos y basuras perjudicando a la libre evacuación de flujo, esto muestra que el sistema es deficiente y por ende no existe un buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial producto de las precipitaciones.

- Según la encuesta a la población residente de La Molina califica que el 42% sistema de drenaje pluvial es deficiente y las calles más perjudicadas son Moyococha, Bulgaria, Prolongación Croacia y Alemania el cual corrobora los resultados de la presente investigación, de inundaciones producto de poca pendiente, sedimentación y las cunetas no poseen la capacidad suficiente para traslado de agua pluvial que cae en dicho sector para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.
- Entre los factores a considerar en las inundaciones están: la distribución espacial de la lluvia, la topografía, la capacidad de cunetas, la basura dejada en las calles y la expansión urbana sin planificación, las malas prácticas de la misma población.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para lograr el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial se deben mantener siempre limpias las estructuras de drenaje, dando un mantenimiento periódico, es necesario que se ejecute algunas modificaciones posibles en la calle Alemania como la construcción de badenes (debidamente diseñados) que aminoren el agua pluvial en las cuadras 4; 5 y 6 y eviten la inundación en la C6 de dicha calle realizando una alcantarilla de cruce con sus respectivos reductores de caudal debidamente protegidos con rejillas.
- Se recomienda en los posteriores años, rediseñar las cunetas con las dimensiones adecuadas para evacuar el agua pluvial de manera eficiente y evitar rebalses al pavimento que debe cumplir su vida útil en años, siendo opcionales 0.30 de altura y 0.40 y 0.50m de ancho respectivamente.
- En cuanto al canal natural de drenaje ubicado al norte del sector La Molina se recomienda hacer una limpieza con maquinaria o mano de obra para evitar inundaciones y perjuicios, o también es recomendable realizar un perfil para un proyecto y mejorar dicho canal proporcionando una pendiente aceptable.
- En cuanto a su conservación de la infraestructura del sistema de drenaje, la autoridad local debería considerar en su plan de trabajo de operación y mantenimiento, y realizar preferentemente antes, durante y después de las épocas de lluvia para el buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial. Y concientizar a la misma población de preservar su infraestructura y evitar destruirlos usando obstáculos en las sobre las cunetas para uso de rampas vehiculares.
- Es necesario la elaboración de Plan de Ordenamiento Territorial del sector con una visión de Desarrollo Urbano, estrategias para la gestión de riesgos y conformación de una red institucional de emergencias con el objetivo de fortalecer la capacidad de respuesta eficaz ante situaciones de desastre.

CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

6.1. Bibliografía

- Cipponeri, M., Biagioni, J., Larrivey, G., Angheben, E., Trovatto, M., Salvioli, M., & Calvo, G. (2017). Vulnerabilidad de la población a precipitaciones que exceden la capacidad del sistema de desagües pluviales. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba.
- García, J. H., Galindo, J. R., & Pedraza, J. A. (2014). Evaluación y diagnóstico del sistema actual de alcantarillado del barrio Madelena en la localidad de Ciudad Bolívar. (Tesis de grado). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.
- Domingos Da Silva, D. (2015). Estrategia para el diseño de redes de drenaje pluvial, empleando la modelación matemática, para su aplicación en la ciudad de Luanda. (Tesis de grado). La Habana, Cuba: Instituto Superior Politécnico José Antonio Echevarría.
- Jessica Rivadeneira Molina (2012). Diseño del sistema de alcantarillado pluvial del barrio La Campiña del Inca, cantón Quito, provincia de Pichincha. (Tesis de grado), previo a la obtención de título de Ingeniera Civil. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Heredia Guevara, Cristhian Alonso (2017), Evaluación de la serviciabilidad de las obras de drenaje pluvial del tramo de la carretera Cuñumbuque – Zapatero – 2016, (Tesis grado), previo a la obtención de título de Ingeniera Civil. Universidad César Vallejo.
- Yañez Porta, E. P. (2014). (Tesis de grado). “Eficiencia del Sistema de Drenaje Pluvial en la Av. Angamos y Jr. Santa Rosa”. (Tesis de grado). Universidad Privada del Norte, Cajamarca.
- Rojas Naira, P. C., & Humpiri Pari, V. H. (2016). Evaluación, diseño y modelamiento del sistema de drenaje pluvial de la ciudad de Juliaca con la aplicación del software SWMM. Juliaca, Perú: (Tesis de grado). Universidad Nacional del Antiplano.
- Granda Acha, R. (2013). Análisis numérico de la red de drenaje pluvial de la urb. Angamos. (Tesis de pregrado), Universidad de Piura, Piura, Perú.
- García, A. (2009). Importancia de los Drenajes, Proyecto de solución de drenaje correspondiente a la fase de la planificación y los aspectos importantes. New York City.: Universidad de Nueva York. (Grados & Posgrados).
- Herrera Gonzales, Yoel. (2021). Evaluación del funcionamiento de cunetas del sector Nuevo Cajamarca - Cajamarca 2021. (Tesis de licenciatura). Universidad Privada del Norte.
- Bolinaga I. & Franceschi A., Juan J. & Luis E. (1979). DRENAJE URBANO. Venezuela: Instituto Nacional de Obras Sanitarias, 1979. 470p.
- Comisión Nacional del Agua. (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento - Drenaje Pluvial Urbano. Insurgentes Sur No. 2416 Col. Copilco El Bajo. 1ªed, Coyoacán, México, Editorial Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. 470p.

- Department of Energy and Water Supply. 2013. Queensland Urban Drainage Manual. Department of Primary Industries. 3^a ed. City East Qld 4002: Editorial (Department of Energy and Water Supply), 2013. 459p.
- Días, D. (2011). Operación y Mantenimiento de los Drenajes Pluviales. Organización Panamericana de la Salud - Operación y Mantenimiento de Sistemas de Alcantarillado Sanitario en el Medio Rural. 1^a ed. Lima Perú, 56p.
- García G., Eduardo y Mosqueira Martínez, Gonzalo. (2012). Análisis Crítico de la Problemática y las Soluciones Adoptadas a Nivel Europeo: 1^a ed. España- Universidad de Zaragoza, ECON: Editorial Máster en Gestión Fluvial Sostenible y Gestión Integrada de Aguas. 201 p.
- IGP, Instituto Geofísico del Perú. (2019). ¿Está el Perú listo para un evento El Niño? Una perspectiva de un Científico Social. (Boletín Técnico) s.l.: Ministerio del Ambiente. Vol. 6 - N° 3. Perú, 20p.
- INDECI-PNUD-PER/02/051 (2005). Instituto Nacional de Defensa Civil. Programa De Prevención y Medidas de Mitigación ante Desastres.1^a ed. Cajamarca: DIRECTOR NACIONAL-Contralmirante A.P. (r) Juan Luís Podesta Llosa. Editorial INDECI, 291p.
- Manual -MTC. (2008). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. 2^a ed. Lima: Editorial Diario Oficial el Peruano con autorización del Ministerio de Transportes y Comunicaciones: Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial, 222p.
- Paredes V., Br. Lisbeth & Br. Lisett. (2014). Mantenimiento del sistema de Drenaje Pluvial Urbano De la Comunidad Delicias Viejas II. (Trabajo Especial de Grado presentado para Optar al Título de Técnico Superior Universitario en Evaluación Ambiental) Cabimas: 1^aed. Universidad Bolivariana de Venezuela: Editorial Ministerio de Educación Superior, 101p.
- Villón B., Máximo. (2008). Hidráulica de Canales. 2^a ed. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica. 500p.

6.1. Linkografía

- NT.CE.040, RNE. (2021). Norma Técnica CE.040 Drenaje Pluvial del Reglamento Nacional de Edificaciones. [En línea] Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, marzo de 2021. Consultado 12 may. 2022. Disponible en <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1709174/RM-094-2021-VIVIENDA.pdf?v=1614894623>.
- DL N° 1356- MVCS. (2018). Ley General de Drenaje Pluvial. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Lima Perú. 2p, consultado 21 jul. 2018. Disponible en [Publicacion Oficial - Diario Oficial El Peruano \(www.gob.pe\)](http://www.gob.pe/publicacion-oficial-diario-oficial-el-peruano)
- Dr. Miguel Ponce, Víctor. (2015). FUNDAMENTOS DE LA HIDRÁULICA DE CANALES. [En línea] Digital, 2015. Consultado 10 de may. 2022. 2 ed. Disponible en <http://ponce.sdsu.edu/canales/>.

- Rinne, Horst. 2008. The Weibull Distribution: A Handbook. [En línea]. Mathematics & Statistics Engineering & Technology. New York: Ed. CRC Pres. 812p. Consultado 29 may. 2022. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=6wdcTfiLNS4C&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- Manual de carreteras. (2018). Mantenimiento o Conservación Vial. [En línea] Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Consultado 12 may. 2022. Disponible en https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-08-14%20Mantenimiento%20o%20Conservacion%20y%20Parte%204%20Mant%20Rutinario%20Caminos%20Vecinales%20GL%20OK.pdf.
- DS N° 043-2022-PCM. (2022). Decreto Supremo que prorroga el Estado de Emergencia en algunos distritos de varias provincias del departamento de Cajamarca, por impacto de daños ante la ocurrencia de intensas precipitaciones pluviales. Lima Perú. 2p. Diario Oficial El Peruano, consultado 05 mar. 2022. Disponible en <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/decreto-supremo-que-prorroga-el-estado-de-emergencia-en-algu-decreto-supremo-n-043-2022-pcm-2062623-1>.

CAPITULO VII: ANEXOS

A. PANEL FOTOGRÁFICO.

A.1. Rebalse de agua pluvial a la pavimentación.



A.2. Rebalse de agua pluvial a la pavimentación e inundación.



A.3. Fotografía de la existencia de sedimentación en los tramos T4 y T5 del canal de drenaje.



A.4. Existencia de sedimentación en las cunetas de la calle Alemania C1, C2 y C3.



A.5. Canal natural con poca pendiente y falta de mantenimiento que provoca inundación en la calle Bulgaria C5.



A.6. Evidencia de la existencia de sedimentación en las cunetas de 0.5m x 0.15m en toda su capacidad de la Av. Moyococha C1.



A.7. Medición de anchos y alturas de cunetas en el sector La Molina.



A.8. Encuesta a poblador de la calle Italia para evaluar el sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina.



A.9. Encuesta al poblador de la calle Pról. Croacia para evaluar el sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina.



A.10. Encuesta al poblador de la Avenida Moyococha para evaluar el sistema de drenaje pluvial en el sector La Molina.



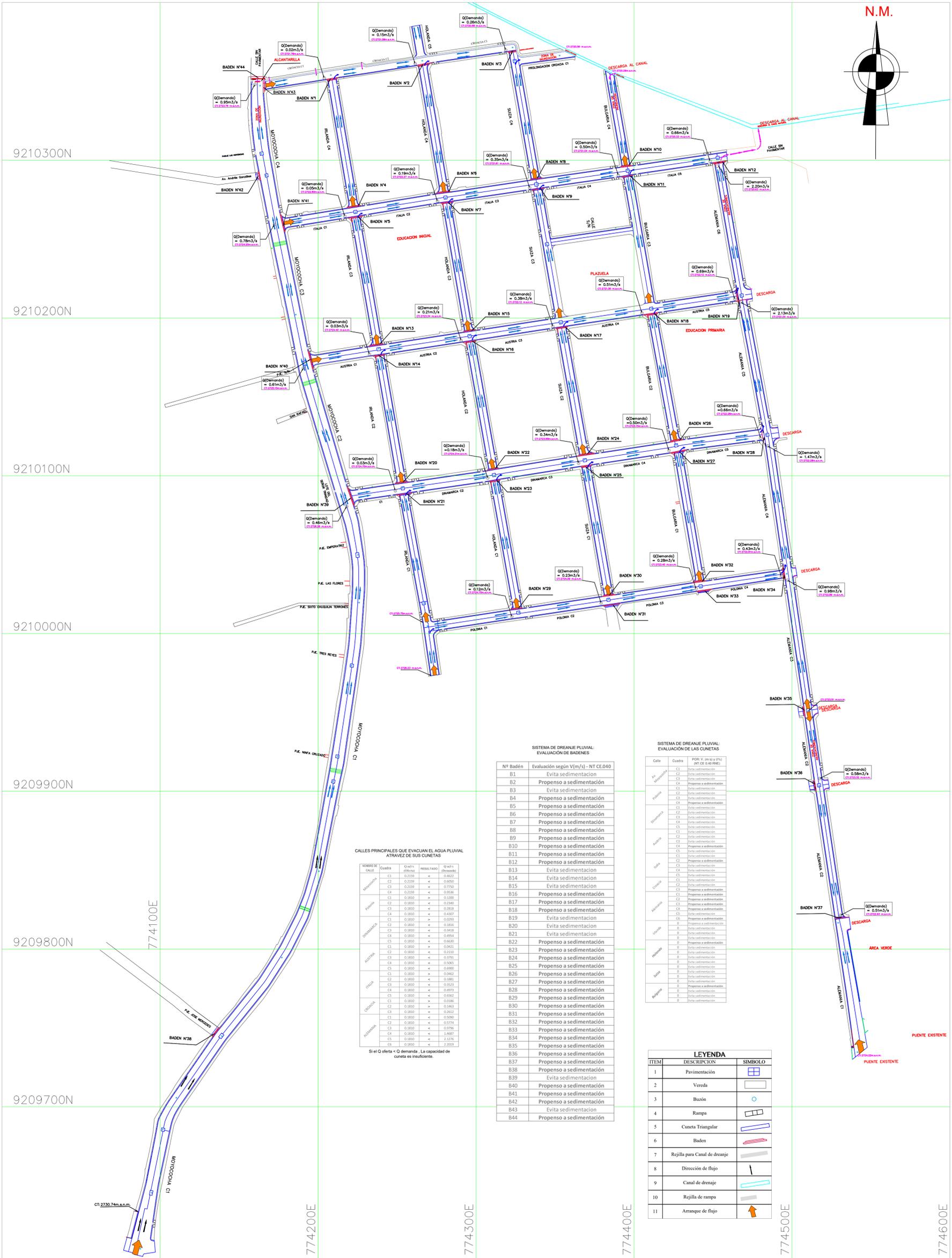
A.11. Sedimentación en badenes y medición de pendiente trasversales.



A.12. Fotografía de inundación a falta de mantenimiento rutinario.



B. PLANO HIDROLÓGICO



CALLES PRINCIPALES QUE EVACUAN EL AGUA PLUVIAL A TRAVÉS DE SUS CUNETAS

NOMBRE DE CALLE	Cuadra	Q (m³/s)	RESULTADO	Q (m³/s)
MAYORAZGO	C1	0.2159	<	0.4022
	C2	0.2159	<	0.4022
	C3	0.2159	<	0.4022
	C4	0.2159	<	0.4022
PUEBLO	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300
DINAMARCA	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300
AUSTRIA	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300
ITALIA	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300
DINAMARCA	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300
AUSTRIA	C1	0.1850	<	0.3300
	C2	0.1850	<	0.3300
	C3	0.1850	<	0.3300
	C4	0.1850	<	0.3300

Si el Q oferta > Q demanda, La capacidad de cuneta es insuficiente.

SISTEMA DE DREAJE PLUVIAL: EVALUACION DE LAS CUNETAS

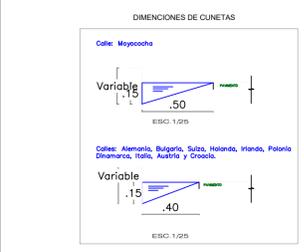
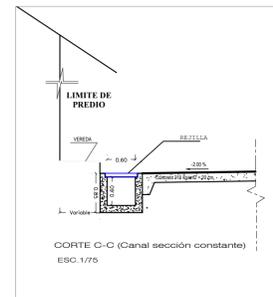
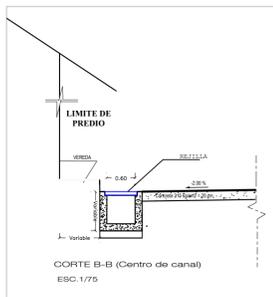
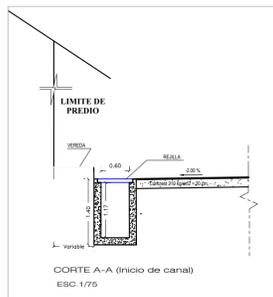
Nº Baden	Evaluación según V(m/s) - NT CE-040
B1	Evita sedimentación
B2	Propenso a sedimentación
B3	Evita sedimentación
B4	Propenso a sedimentación
B5	Propenso a sedimentación
B6	Propenso a sedimentación
B7	Propenso a sedimentación
B8	Propenso a sedimentación
B9	Propenso a sedimentación
B10	Propenso a sedimentación
B11	Propenso a sedimentación
B12	Propenso a sedimentación
B13	Evita sedimentación
B14	Evita sedimentación
B15	Evita sedimentación
B16	Propenso a sedimentación
B17	Propenso a sedimentación
B18	Propenso a sedimentación
B19	Evita sedimentación
B20	Evita sedimentación
B21	Evita sedimentación
B22	Propenso a sedimentación
B23	Propenso a sedimentación
B24	Propenso a sedimentación
B25	Propenso a sedimentación
B26	Propenso a sedimentación
B27	Propenso a sedimentación
B28	Propenso a sedimentación
B29	Propenso a sedimentación
B30	Propenso a sedimentación
B31	Propenso a sedimentación
B32	Propenso a sedimentación
B33	Propenso a sedimentación
B34	Propenso a sedimentación
B35	Propenso a sedimentación
B36	Propenso a sedimentación
B37	Propenso a sedimentación
B38	Propenso a sedimentación
B39	Evita sedimentación
B40	Propenso a sedimentación
B41	Propenso a sedimentación
B42	Propenso a sedimentación
B43	Evita sedimentación
B44	Propenso a sedimentación

SISTEMA DE DREAJE PLUVIAL: EVALUACION DE LAS CUNETAS

Calle	Cuadra	POR-V (m³/s y ft³) (NT CE 040)
MAYORAZGO	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
PUEBLO	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Propenso a sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
DINAMARCA	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
AUSTRIA	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
ITALIA	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
DINAMARCA	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación
AUSTRIA	C1	Evita sedimentación
	C2	Evita sedimentación
	C3	Evita sedimentación
	C4	Propenso a sedimentación

LEYENDA

ITEM	DESCRIPCION	SIEMBOLO
1	Pavimentación	[Símbolo]
2	Veredas	[Símbolo]
3	Buzón	[Símbolo]
4	Rampa	[Símbolo]
5	Cuneta Triangular	[Símbolo]
6	Baden	[Símbolo]
7	Rejilla para Canal de drenaje	[Símbolo]
8	Dirección de flujo	[Símbolo]
9	Canal de drenaje	[Símbolo]
10	Rejilla de rampa	[Símbolo]
11	Arranque de flujo	[Símbolo]



PLANO HIDRÁULICO-SISTEMA DE DREAJE PLUVIAL- SECTOR LA MOLINA
Escala: 1/1200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DREAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA

PLANO: PLANO HIDRÁULICO

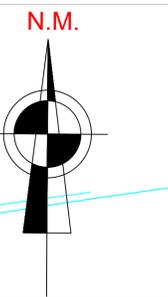
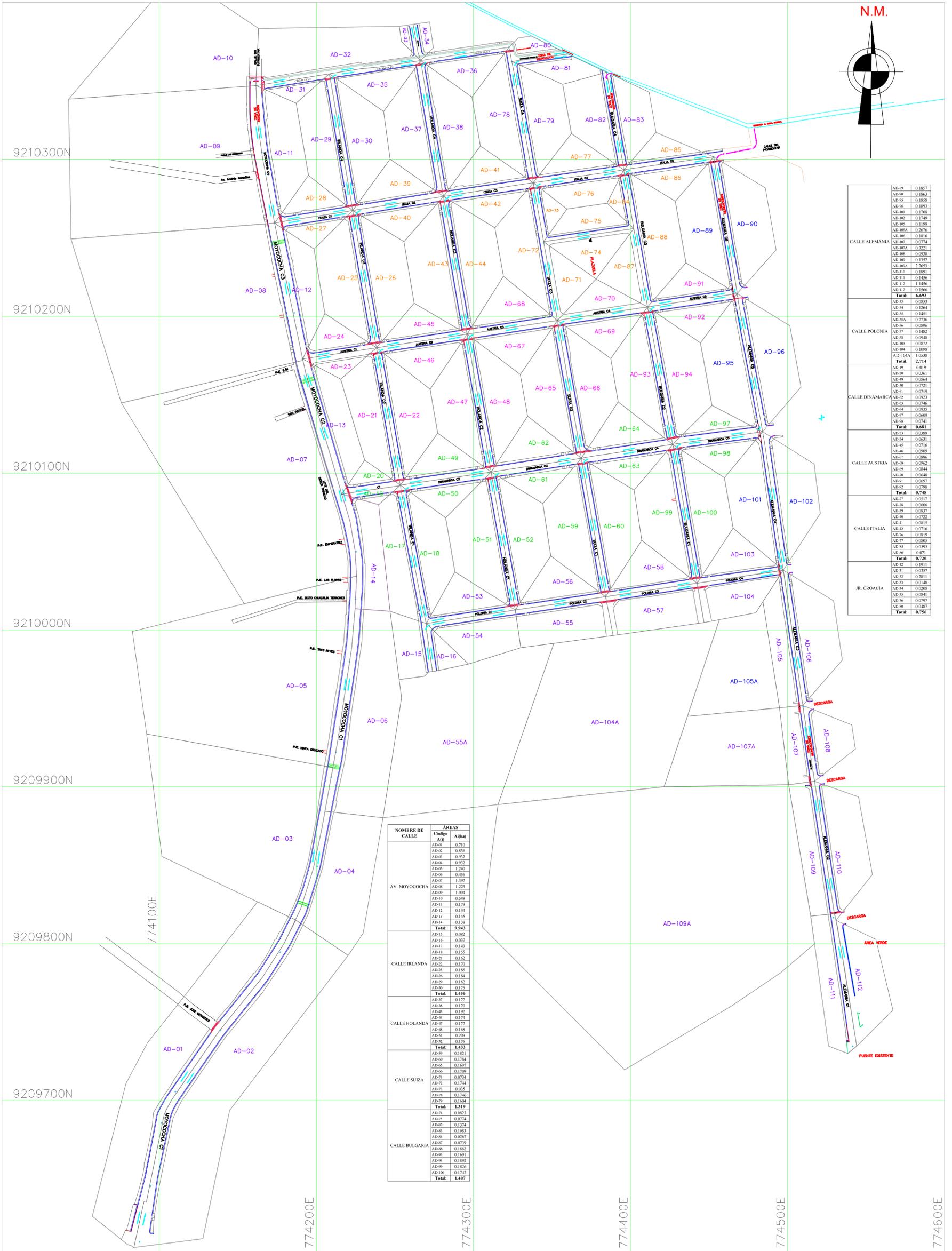
ESPECIALIDAD: HIDRÁULICA

REGION: CAJAMARCA | PROVINCIA: CAJAMARCA | DISTRITO: BAÑOS DEL INCA | FECHA: OCTUBRE 2022

TEJISTA: Bach. Ing. CHUQUIMANGO CHILÓN OSCAR | ESCALA: 1/1200

PH 01

C. PLANO ÁREAS TRIBUTARIAS



AD-01	0.1857
AD-02	0.1863
AD-03	0.1888
AD-04	0.1803
AD-05	0.1786
AD-06	0.1749
AD-07	0.1199
AD-08	0.2676
AD-09	0.1816
AD-10	0.0774
AD-11	0.3221
AD-12	0.0938
AD-13	0.1352
AD-14	2.7653
AD-15	0.1391
AD-16	0.1456
AD-17	0.1566
Total:	6.693
AD-18	0.0853
AD-19	0.1264
AD-20	0.1451
AD-21	0.2736
AD-22	0.0896
AD-23	0.1882
AD-24	0.0948
AD-25	0.0872
AD-26	0.1098
AD-27	1.0538
AD-28	2.714
AD-29	0.019
AD-30	0.064
AD-31	0.0671
AD-32	0.0923
AD-33	0.0746
AD-34	0.0935
AD-35	0.0909
AD-36	0.0741
Total:	6.681
AD-37	0.0389
AD-38	0.0631
AD-39	0.0716
AD-40	0.0909
AD-41	0.0886
AD-42	0.0962
AD-43	0.0844
AD-44	0.0948
AD-45	0.0607
AD-46	0.0798
AD-47	0.0719
AD-48	0.0517
AD-49	0.0666
AD-50	0.0837
AD-51	0.0722
AD-52	0.0815
AD-53	0.0716
AD-54	0.0819
AD-55	0.0805
AD-56	0.0595
AD-57	0.071
AD-58	0.720
AD-59	0.1911
AD-60	0.0557
AD-61	0.2811
AD-62	0.0148
AD-63	0.0328
AD-64	0.0841
AD-65	0.0797
AD-66	0.0487
AD-67	0.756

NOMBRE DE CALLE	ÁREAS	
	Cálculo	Alfabeto
AD-01	0.710	
AD-02	0.856	
AD-03	0.932	
AD-04	0.932	
AD-05	1.240	
AD-06	0.436	
AD-07	1.397	
AD-08	1.223	
AD-09	1.094	
AD-10	0.548	
AD-11	0.179	
AD-12	0.134	
AD-13	0.145	
AD-14	0.138	
Total:	9.943	
AD-15	0.082	
AD-16	0.037	
AD-17	0.143	
AD-18	0.155	
AD-19	0.162	
AD-20	0.170	
AD-21	0.186	
AD-22	0.184	
AD-23	0.162	
AD-24	0.175	
Total:	1.456	
AD-25	0.172	
AD-26	0.170	
AD-27	0.182	
AD-28	0.174	
AD-29	0.172	
AD-30	0.168	
AD-31	0.209	
AD-32	0.176	
Total:	1.433	
AD-33	0.1821	
AD-34	0.1784	
AD-35	0.1697	
AD-36	0.1709	
AD-37	0.0734	
AD-38	0.1744	
AD-39	0.053	
AD-40	0.1746	
AD-41	0.1604	
Total:	1.519	
AD-42	0.0823	
AD-43	0.0774	
AD-44	0.1374	
AD-45	0.1083	
AD-46	0.0267	
AD-47	0.0739	
AD-48	0.182	
AD-49	0.1691	
AD-50	0.1892	
AD-51	0.1826	
AD-52	0.1742	
Total:	1.407	

LEYENDA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
1	Pavimentación	[Symbol]
2	Vereda	[Symbol]
3	Buzón	[Symbol]
4	Rampa	[Symbol]
5	Cuneta Triangular	[Symbol]
6	Baden	[Symbol]
7	Rejilla para Canal	[Symbol]
8	Dirección de flujo	[Symbol]
9	Canal de drenaje	[Symbol]

PLANO ÁREAS TRIBUTARIAS-SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL- SECTOR LA MOLINA
Escala: 1/1200

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA

PLANO: ÁREAS TRIBUTARIAS

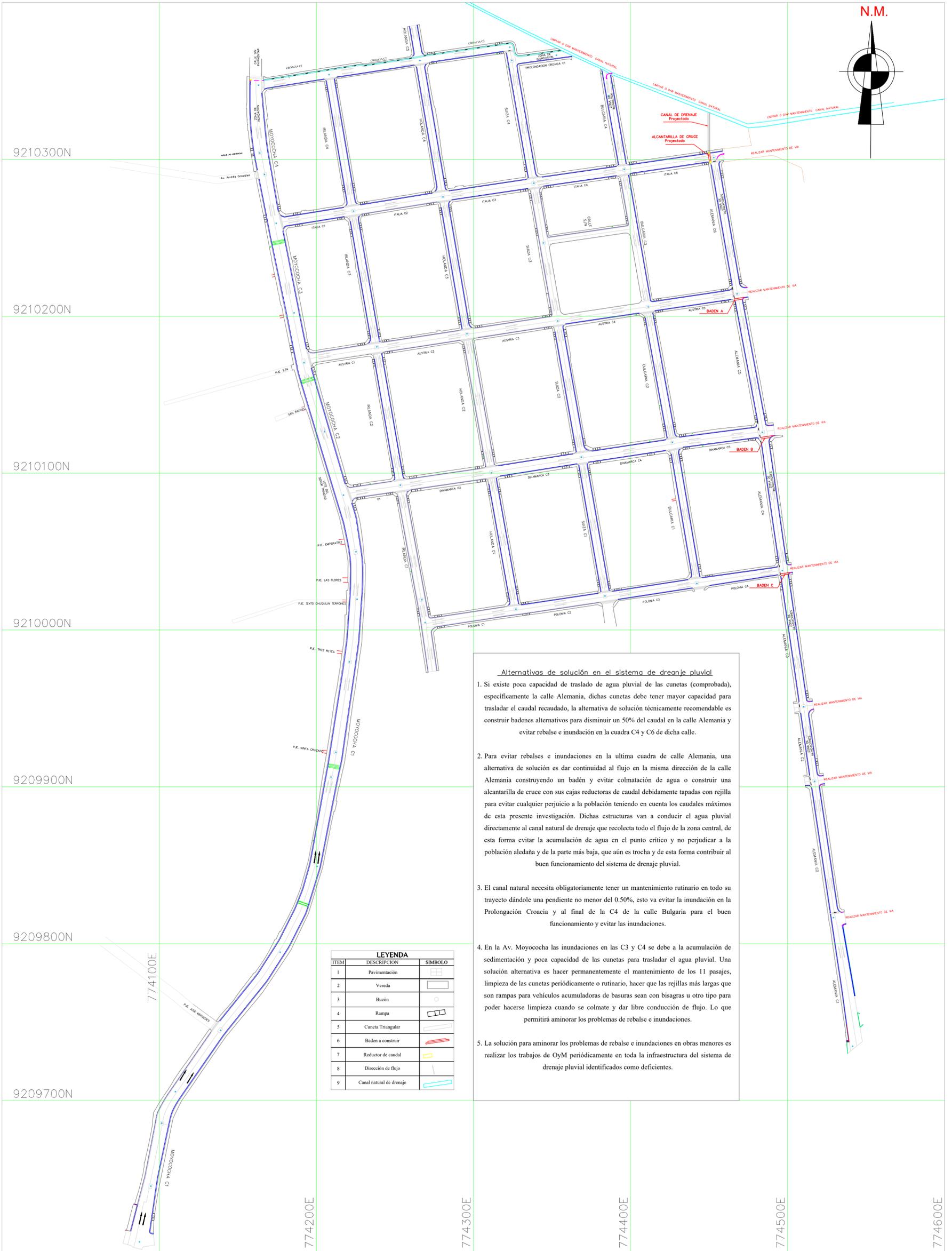
ESPECIALIDAD: HIDRÁULICA

REGION: CAJAMARCA | PROVINCIA: CAJAMARCA | DISTRITO: BAÑOS DEL INCA | FECHA: OCTUBRE 2022

TESISTA: Bach. Ing. CHUQUIMANGO CHILÓN OSCAR | ESCALA: 1/1200

AT
01

D. PLANO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS

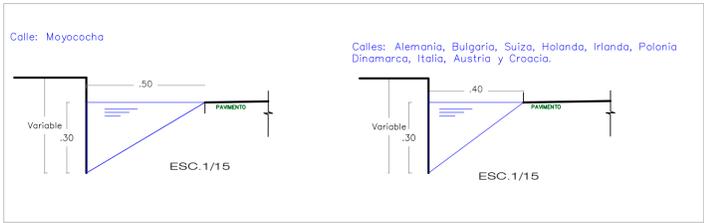


Alternativas de solución en el sistema de drenaje pluvial

1. Si existe poca capacidad de traslado de agua pluvial de las cunetas (comprobada), específicamente la calle Alemania, dichas cunetas debe tener mayor capacidad para trasladar el caudal recaudado, la alternativa de solución técnicamente recomendable es construir badenes alternativos para disminuir un 50% del caudal en la calle Alemania y evitar rebalse e inundación en la cuadra C4 y C6 de dicha calle.
2. Para evitar rebalces e inundaciones en la ultima cuadra de calle Alemania, una alternativa de solución es dar continuidad al flujo en la misma dirección de la calle Alemania construyendo un badén y evitar colmatación de agua o construir una alcantarilla de cruce con sus cajas reductoras de caudal debidamente tapadas con rejilla para evitar cualquier perjuicio a la población teniendo en cuenta los caudales máximos de esta presente investigación. Dichas estructuras van a conducir el agua pluvial directamente al canal natural de drenaje que recolecta todo el flujo de la zona central, de esta forma evitar la acumulación de agua en el punto crítico y no perjudicar a la población aledaña y de la parte más baja, que aún es trocha y de esta forma contribuir al buen funcionamiento del sistema de drenaje pluvial.
3. El canal natural necesita obligatoriamente tener un mantenimiento rutinario en todo su trayecto dándole una pendiente no menor del 0.50%, esto va evitar la inundación en la Prolongación Croacia y al final de la C4 de la calle Bulgaria para el buen funcionamiento y evitar las inundaciones.
4. En la Av. Moyococha las inundaciones en las C3 y C4 se debe a la acumulación de sedimentación y poca capacidad de las cunetas para trasladar el agua pluvial. Una solución alternativa es hacer permanentemente el mantenimiento de los 11 pasajes, limpieza de las cunetas periódicamente o rutinario, hacer que las rejillas más largas que son rampas para vehículos acumuladoras de basuras sean con bisagras u otro tipo para poder hacerse limpieza cuando se colmate y dar libre conducción de flujo. Lo que permitirá aminorar los problemas de rebalse e inundaciones.
5. La solución para aminorar los problemas de rebalse e inundaciones en obras menores es realizar los trabajos de OyM periódicamente en toda la infraestructura del sistema de drenaje pluvial identificados como deficientes.

LEYENDA		
ITEM	DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO
1	Pavimentación	
2	Vereda	
3	Buzón	
4	Rampa	
5	Cuneta Triangular	
6	Baden a construir	
7	Reductor de caudal	
8	Dirección de flujo	
9	Canal natural de drenaje	

OPCIÓN - DIMENSIONES DE CUNETAS A USAR PARA EVITAR REBALSE E INUNDACIONES



PLANO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS PARA EL BUEN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA

Escala: 1/1200

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	PROYECTO: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA DISTRITO DE BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA			
	PLANO: PLANO DE SOLUCIONES ALTERNATIVAS			
	ESPECIALIDAD: HIDRÁULICA			
REGION: CAJAMARCA	PROVINCIA: CAJAMARCA	DISTRITO: BAÑOS DEL INCA	FECHA: OCTUBRE 2022	SA 01
TESISTA: Bach. Ing. CHUQUIMANGO CHILÓN OSCAR			ESCALA:	

E. PROSEDIMIENTOS, RESULTADOS E INSTRUMENTOS

E.1. Cálculos de suma de Coeficientes de escorrentía por área, para determinadas calles del sector La Molina.

NOMBRE DE CALLE	Código A(j)	ÁREAS		Tipo de área	Coef.	Cj x Aj
		Aj(ha)	Aj(Km2)			
CALLE POLONIA	AD-15	0.082	0.00082	Concreto/ Techo	0.80	0.00066
	AD-16	0.037	0.00037	Concreto/ Techo	0.80	0.00029
	AD-54	0.126	0.00126	Concreto/ Techo	0.80	0.00101
	AD-53	0.085	0.00085	Concreto/ Techo	0.80	0.00068
	AD-55	0.145	0.00145	Condición promedio (cubierta de pasto menor del 50 al 75% del área)	0.28	0.00041
	AD-55A	0.774	0.00774	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)	0.23	0.00178
	AD-56	0.090	0.00090	Concreto/ Techo	0.80	0.00072
	AD-57	0.148	0.00148	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00050
	AD-58	0.095	0.00095	Concreto/ Techo	0.80	0.00076
	AD-103	0.087	0.00087	Concreto/ Techo	0.80	0.00070
	AD-104	0.110	0.00110	Concreto/ Techo	0.80	0.00088
	AD-104A	1.054	0.01054	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)	0.23	0.00242
	Total:					
CALLE DINAMARCA	AD-17	0.143	0.00143	Concreto/ Techo	0.80	0.00115
	AD-18	0.155	0.00155	Concreto/ Techo	0.80	0.00124
	AD-19	0.019	0.00019	Concreto/ Techo	0.80	0.00015
	AD-20	0.036	0.00036	Concreto/ Techo	0.80	0.00029
	AD-49	0.086	0.00086	Concreto/ Techo	0.80	0.00069
	AD-50	0.072	0.00072	Concreto/ Techo	0.80	0.00058
	AD-51	0.209	0.00209	Concreto/ Techo	0.80	0.00167
	AD-52	0.176	0.00176	Concreto/ Techo	0.80	0.00141

	AD-61	0.072	0.00072	Concreto/ Techo	0.80	0.00058	
	AD-62	0.092	0.00092	Concreto/ Techo	0.80	0.00074	
	AD-59	0.182	0.00182	Concreto/ Techo	0.80	0.00146	
	AD-60	0.178	0.00178	Concreto/ Techo	0.80	0.00143	
	AD-63	0.075	0.00075	Concreto/ Techo	0.80	0.00060	
	AD-64	0.094	0.00094	Concreto/ Techo	0.80	0.00075	
	AD-99	0.183	0.00183	Concreto/ Techo	0.80	0.00146	
	AD-100	0.174	0.00174	Concreto/ Techo	0.80	0.00139	
	AD-97	0.061	0.00061	Concreto/ Techo	0.80	0.00049	
	AD-98	0.074	0.00074	Concreto/ Techo	0.80	0.00059	
	Total:						0.01664
CALLE AUSTRIA	AD-21	0.162	0.00162	Concreto/ Techo	0.80	0.00129	
	AD-22	0.170	0.00170	Concreto/ Techo	0.80	0.00136	
	AD-23	0.039	0.00039	Concreto/ Techo	0.80	0.00031	
	AD-24	0.063	0.00063	Concreto/ Techo	0.80	0.00050	
	AD-45	0.072	0.00072	Concreto/ Techo	0.80	0.00057	
	AD-46	0.091	0.00091	Concreto/ Techo	0.80	0.00073	
	AD-47	0.172	0.00172	Concreto/ Techo	0.80	0.00138	
	AD-48	0.168	0.00168	Concreto/ Techo	0.80	0.00135	
	AD-67	0.089	0.00089	Concreto/ Techo	0.80	0.00071	
	AD-68	0.096	0.00096	Concreto/ Techo	0.80	0.00077	
	AD-65	0.170	0.00170	Concreto/ Techo	0.80	0.00136	
	AD-66	0.171	0.00171	Concreto/ Techo	0.80	0.00137	
	AD-69	0.084	0.00084	Concreto/ Techo	0.80	0.00068	
	AD-70	0.065	0.00065	Concreto/ Techo	0.80	0.00052	
	AD-93	0.169	0.00169	Concreto/ Techo	0.80	0.00135	
	AD-94	0.189	0.00189	Concreto/ Techo	0.80	0.00151	
	AD-91	0.070	0.00070	Concreto/ Techo	0.80	0.00056	
AD-92	0.080	0.00080	Concreto/ Techo	0.80	0.00064		

	Total:					0.01695
CALLE ITALIA	AD-25	0.186	0.00186	Concreto/ Techo	0.80	0.00149
	AD-26	0.184	0.00184	Concreto/ Techo	0.80	0.00148
	AD-27	0.052	0.00052	Concreto/ Techo	0.80	0.00041
	AD-28	0.067	0.00067	Concreto/ Techo	0.80	0.00053
	AD-39	0.084	0.00084	Concreto/ Techo	0.80	0.00067
	AD-40	0.072	0.00072	Concreto/ Techo	0.80	0.00058
	AD-43	0.192	0.00192	Concreto/ Techo	0.80	0.00154
	AD-44	0.174	0.00174	Concreto/ Techo	0.80	0.00139
	AD-41	0.082	0.00082	Concreto/ Techo	0.80	0.00065
	AD-42	0.072	0.00072	Concreto/ Techo	0.80	0.00057
	AD-71	0.073	0.00073	Concreto/ Techo	0.80	0.00059
	AD-72	0.174	0.00174	Concreto/ Techo	0.80	0.00140
	AD-73	0.035	0.00035	Concreto/ Techo	0.80	0.00028
	AD-74	0.082	0.00082	Concreto/ Techo	0.80	0.00066
	AD-75	0.077	0.00077	Concreto/ Techo	0.80	0.00062
	AD-76	0.082	0.00082	Concreto/ Techo	0.80	0.00066
	AD-77	0.081	0.00081	Concreto/ Techo	0.80	0.00064
	AD-84	0.027	0.00027	Concreto/ Techo	0.80	0.00021
	AD-87	0.074	0.00074	Concreto/ Techo	0.80	0.00059
	AD-88	0.186	0.00186	Concreto/ Techo	0.80	0.00149
AD-85	0.060	0.00060	Concreto/ Techo	0.80	0.00048	
AD-86	0.071	0.00071	Concreto/ Techo	0.80	0.00057	
	Total:					0.01749
CALLE CROACIA	AD-11	0.179	0.00179	Concreto/ Techo	0.80	0.00143
	AD-29	0.162	0.00162	Concreto/ Techo	0.80	0.00130
	AD-30	0.175	0.00175	Concreto/ Techo	0.80	0.00140
	AD-31	0.036	0.00036	Concreto/ Techo	0.80	0.00029
	AD-35	0.084	0.00084	Concreto/ Techo	0.80	0.00067

	AD-37	0.172	0.00172	Concreto/ Techo	0.80	0.00137	
	AD-38	0.170	0.00170	Concreto/ Techo	0.80	0.00136	
	Total:						0.00783
CALLE ALEMANIA C1 Y C2	AD-107	0.077	0.00077	Concreto/ Techo	0.80	0.00062	
	AD-107A	0.322	0.00322	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)	0.23	0.00074	
	AD-108	0.094	0.00094	Concreto/ Techo	0.80	0.00075	
	AD-109	0.135	0.00135	Concreto/ Techo	0.80	0.00108	
	AD-109A	2.765	0.02765	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)	0.23	0.00636	
	AD-110	0.189	0.00189	Concreto/ Techo	0.80	0.00151	
	AD-111	0.146	0.00146	Concreto/ Techo	0.80	0.00116	
	AD-112	1.146	0.01146	Concreto/ Techo	0.80	0.00916	
		Total:					
CALLE ALEMANIA C3,C4,C5 Y C6	AD-105	0.120	0.00120	Concreto/ Techo	0.80	0.00096	
	AD-105A	0.268	0.00268	Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área)	0.23	0.00062	
	AD-106	0.182	0.00182	Concreto/ Techo	0.80	0.00145	
	AD-101	0.171	0.00171	Concreto/ Techo	0.80	0.00137	
	AD-102	0.175	0.00175	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00059	
	AD-95	0.186	0.00186	Concreto/ Techo	0.80	0.00149	
	AD-96	0.189	0.00189	Concreto/ Techo	0.80	0.00151	
	AD-89	0.186	0.00186	Concreto/ Techo	0.80	0.00149	
	AD-90	0.186	0.00186	Concreto/ Techo	0.80	0.00149	
	POLONIA					0.01081	
	DINAMARCA					0.01664	
	AUSTRIA					0.01695	
	ITALIA					0.01749	
		Total:					
AV.MOYOCOCHA	AD-01	0.710	0.00710	Concreto/ Techo	0.80	0.00568	

AD-02	0.836	0.00836	Concreto/ Techo	0.80	0.00668
AD-03	0.932	0.00932	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00317
AD-04	0.932	0.00932	Concreto/ Techo	0.80	0.00746
AD-05	1.240	0.01240	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00422
AD-06	0.436	0.00436	Concreto/ Techo	0.80	0.00348
AD-07	1.397	0.01397	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00475
AD-08	1.223	0.01223	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00416
AD-09	1.094	0.01094	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00372
AD-10	0.548	0.00548	Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)	0.34	0.00186
AD-11	0.179	0.00179	Concreto/ Techo	0.80	0.00143
AD-12	0.134	0.00134	Concreto/ Techo	0.80	0.00107
AD-13	0.145	0.00145	Concreto/ Techo	0.80	0.00116
AD-14	0.138	0.00138	Concreto/ Techo	0.80	0.00111
Total:					0.04995

E.2. Evaluación en campo del sector La Molina (Ficha técnica).

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA			
	FACULTAD DE INGENIERÍA			
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
	TEMA DE INVESTIGACION	EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA DISTRITO BAÑOS DEL INCA - CAJAMARCA		
INVESTIGADOR	BACH. OSCAR CHQUIMANGO CHILÓN			
ASESOR:	Dr. Ing. GASPAR V. MÉNDEZ CRUZ			
FECHA DE EVALUACIÓN	11 / 07 / 2022 al 1 07 / 2022			

ASPECTOS A EVALUAR				
A. SECCION DE CUNETAS				
CALLE	Cuadras	Sección	Ancho(m)	Altura(m)
AV. MOYOCOCHA	C1,C2,C3 y C4	Triangular	0.5	0.15
ALEMANIA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
BULGARIA	C1,C2,C3 y C4	Triangular	0.4	0.15
SUIZA	C1,C2,C3 y C4	Triangular	0.4	0.15
HOLANDA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
IRLANDA	C1,C2,C3 y C4	Triangular	0.4	0.15
POLONIA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
DINAMARCA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
AUSTRIA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
ITALIA	C1,C2,C3,C4 y C5	Triangular	0.4	0.15
CROACIA	C1,C2, y C3	Triangular	0.4	0.15
PROL. CROACIA	C1	Triangular	0.4	0.15
B. ALCANTARILLA DE CRUCE				
Según MTC: En el caso de tubería de sección circular, el diámetro mínimo es de 0.90m				
Diámetro (m)	0.6m	Cumple	SI	NO
Según norma CE. 040: la profundidad mínima de la tubería hasta la rasante de la pista debe ser de 1 m para evitar roturas y resistir las cargas vivas				
Profundidad (m)	1.30 m	Cumple	SI	NO
C. CONDICIONES FISICAS DE LAS CUNETAS				
TIPO DE MATERIAL	Concreto simple ($f'c= 175 \text{ kg/cm}^2$)			
CALLE	CUADRA	Grieta (Cant)	Fisura (Cant.)	Sedimento SI/NO
Irlanda	C1	-	-	SI
	C2	-	-	NO
	C3	-	-	NO
	C4	-	-	NO
Holanda	C1	-	-	SI
	C2	-	-	NO
	C3	-	-	NO
	C4	-	2	NO
	C5	-	-	NO

Suiza	C1	-	-	SI
	C2	-	-	SI
	C3	-	2	NO
	C4	-	-	NO
Bulgaria	C1	-	-	SI
	C2	-	1	SI
	C3	-	-	NO
	C4	-	-	NO
Alemania	C1	-	-	SI
	C2	1	-	SI
	C3	-	-	SI
	C4	-	-	SI
	C5	-	-	NO
	C6	-	-	SI
Moyococha	C1	-	1	SI
	C2	1	-	NO
	C3	-	1	SI
	C4	-	-	SI
Polonia	C1	-	-	NO
	C2	-	1	NO
	C3	-	-	NO
	C4	-	-	SI
Dinamarca	C1	-	-	NO
	C2	-	1	NO
	C3	-	-	NO
	C4	-	-	SI
	C5	-	-	NO
Austria	C1	-	-	NO
	C2	-	-	NO
	C3	-	1	NO
	C4	-	-	SI
	C5	-	1	NO
Italia	C1	-	-	NO
	C2	-	-	SI
	C3	-	-	NO
	C4	-	-	NO
	C5	-	-	SI
Croacia	C1	-	-	NO
	C2	-	-	NO
	C3	-	-	SI
Pról. Croacia.	C1	-	-	NO
D. CONDICIONES FISICAS DE BADÉN				
TIPO DE MATERIAL	Concreto simple ($f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$)			
CALLE	Nº Badenes	Grieta (Cant.)	Fisura (Cant.)	Sedimento SI/NO
IRLANDA	7	-	-	SI

HOLANDA	8	-	-	SI
SUIZA	8	-	-	SI
BULGARIA	7	-	-	SI
ALEMANIA	4	-	-	SI
MOYOCOCHA	3	-	-	SI
POLONIA	1	-	-	SI
DINAMARCA	2	-	-	SI
AUSTRIA	2	-	-	SI
ITALIA	1	-	-	SI
CROACIA	1	-	-	SI

E. CONDICIONES FISICAS DE CANAL DE DRENAJE

TIPO DE MATERIAL Concreto armado ($f'c= 210 \text{ kg/cm}^2$)

TRAMO	Pendiente %	Rotura	Fisura	Sedimento SI/NO
T1	2.31	-	-	NO
T2	0.95	-	-	NO
T3	0.82	-	-	SI
T4	0.49	-	-	SI
T1	0.43	-	-	SI

F. MANTENIMIENTO DEL DRENAJE PLUVIAL (ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS)

CALLE	Cuadra	SI /NO
Irlanda	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Holanda	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C5	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Suiza	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Bulgaria	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Alemania	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C5	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C6	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento

Moyococha	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Polonia	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Dinamarca	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C5	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Austria	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C5	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Italia	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C4	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C5	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Croacia	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C2	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
	C3	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento
Pról. Croacia.	C1	No se han realizado trabajos de operación y mantenimiento



Ing. Dr. Ing. Gaspar V. Méndez Cruz.
Asesor



Bach. Chuquimango Chilón, Oscar
TESISTA

E.3. Extensión de datos de intensidades máximas:

Se ha solicitado datos de SENAMHI de la Estación A. Weberbauer – Cajamarca, solo cuentan con registros para los años 1973 – 2015. Para dicha investigación se ha tomado en cuenta hasta el 2020, teniendo como base la suficiente información recabada el cual permite la confiabilidad de la extensión, siguiendo los siguientes criterios.

Se usaron distribuciones de probabilidad para variables hidrológicas, de acuerdo a la variable, se distinguen dos tipos de modelos probabilísticos: los discretos y los continuos, para este fin de extensión de datos y evaluación hidráulica, utilizaremos modelos probabilísticos continuos, para usar dicho modelamiento probabilístico mínimo se necesita 30 años de datos.

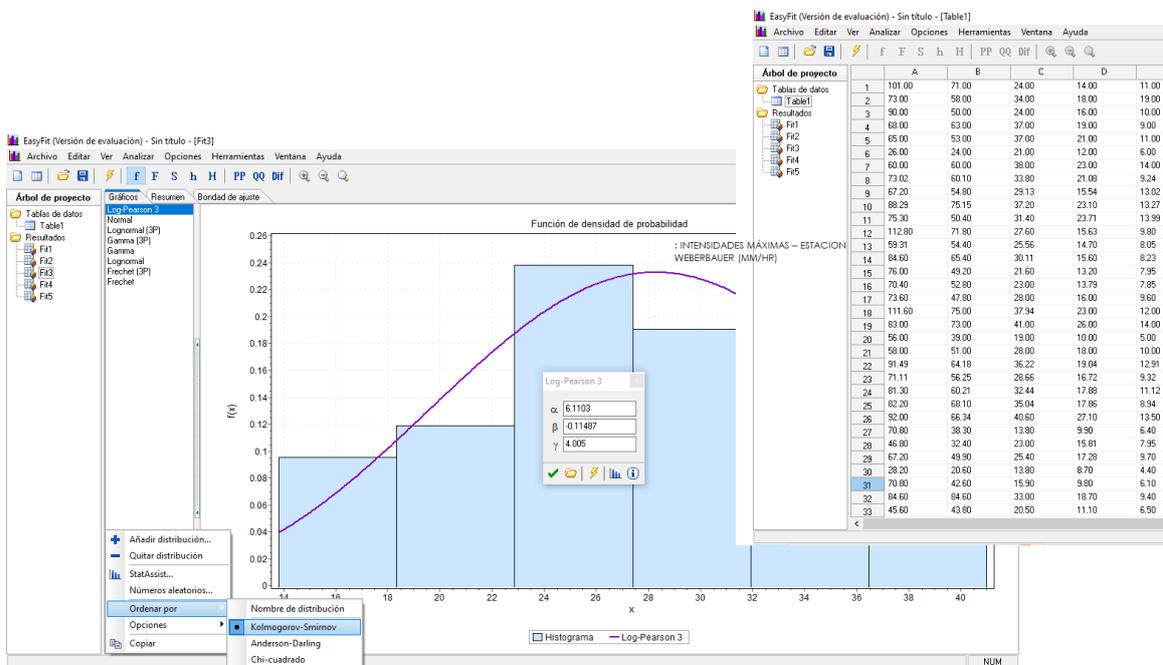
El Software Easifyfit es muy usado por la ingeniería para distribuciones de probabilidad, ajustar automáticamente las distribuciones a los datos de la muestra y seleccionar el mejor modelo con mejores resultados.

Principales modelos probabilísticos continuos usados (Ven Te Chow, Hidrología aplicada).

- Normal
- Log-normal de dos parámetros
- Log-normal de tres parámetros
- Gamma
- Log- Pearson III
- Valores extremos tipo I. Gumbel
- Frechet

Para elegir la naturaleza de la prueba de bondad de ajuste, se necesita conocer si la muestra ha sido agrupada o no. Existen dos posibilidades Si la muestra es agrupada, la prueba que corresponde es la de “CHI CUADRADO”: en cambio si la muestra no está agrupada, la prueba es la de “KOLMOGOROV-SMIRNOV”. Para las muestras hidrológicas muy grandes (mayores de 100 datos) resultan inmanejables si se las agrupa en intervalos de clase; las pequeñas en cambio (menos de 100 datos), frecuentemente se cometen excesivos errores si se las agrupa, por lo que es conveniente trabajarlas sin agrupar.

Para el caso de la información, la muestra es pequeña con tan sólo 42 años y no esta agrupada, por lo tanto, la prueba que corresponde es la de Kolmogórov-Smirnov, para ello usamos el Software Easeyfit.



Interfaz de Software Easeyfit.

Resultados de la extensión de datos 2016-2020, para las intensidades máximas.

Año	Duración en minutos				
	5 min	10 min	30 min	60 min	120 min
1973	101.00	71.00	24.00	14.00	11.00
1974	73.00	58.00	34.00	18.00	19.00
1975	90.00	50.00	24.00	16.00	10.00
1976	68.00	63.00	37.00	19.00	9.00
1977	65.00	53.00	37.00	21.00	11.00
1978	26.00	24.00	21.00	12.00	6.00
1979	60.00	60.00	38.00	23.00	14.00
1980	73.02	60.10	33.80	21.08	9.24
1981	67.20	54.80	29.13	15.54	13.02
1982	88.29	75.15	37.20	23.10	13.27
1983	75.30	50.40	31.40	23.71	13.99
1984	112.80	71.80	27.60	15.63	9.80
1985	59.31	54.40	25.56	14.70	8.05
1986	84.60	65.40	30.11	15.60	8.23
1987	76.00	49.20	21.60	13.20	7.95

1988	70.40	52.80	23.00	16.00	7.85
1989	73.60	47.80	28.00	18.00	9.60
1990	111.60	75.00	37.94	23.00	12.00
1991	83.00	73.00	41.00	26.00	14.00
1992	56.00	39.00	19.00	10.00	5.00
1993	58.00	51.00	28.00	18.00	10.00
1994	91.49	64.18	36.22	19.04	12.91
1995	71.11	56.25	28.66	16.72	9.32
1996	81.30	60.21	32.44	17.88	11.12
1997	82.20	68.10	35.04	17.86	8.94
1998	92.00	66.34	40.60	27.10	13.50
1999	70.80	38.30	13.80	9.90	6.40
2000	46.80	32.40	23.00	15.81	7.95
2001	67.20	49.90	25.40	17.28	9.70
2002	28.20	20.60	13.80	8.70	4.40
2003	70.80	42.60	15.90	9.80	6.10
2004	84.60	84.60	33.00	18.70	9.40
2005	45.60	43.80	20.50	11.10	6.50
2006	30.00	30.00	15.00	10.30	6.90
2007	72.00	64.00	32.70	19.40	12.30
2008	47.00	33.24	22.80	13.66	9.83
2009	68.00	49.20	32.04	22.00	4.05
2010	86.40	38.50	30.67	20.28	10.89
2011	62.40	36.60	26.80	16.60	10.00
2012*	64.00	42.20	23.60	15.20	6.80
2014	119.10	69.30	27.24	15.87	9.23
2015	100.00	63.89	27.28	15.90	9.89
2016	61.58	56.93	28.75	18.40	6.16
2017	78.90	66.22	32.11	21.71	10.46
2018	52.19	58.23	29.58	15.98	9.08
2019	113.54	46.86	29.19	15.52	8.85
2020	81.25	61.66	38.82	8.17	8.02
MEDIA	73.204	54.106	28.581	16.924	9.589
DESV. ESTÁN	21.062	14.239	7.041	4.453	2.906
Años de obs. (n)	47	47	47	47	47

Datos para realizar la simulación del modelo ajustado para las intensidades de diseño.

E.4. Data para modelación hidráulica con HidroEsta.

T años	Duracion (min)	I máx
48.00	5.00	119.10
48.00	10.00	84.60
48.00	30.00	41.00
48.00	60.00	27.10
48.00	120.00	19.00
24.00	5.00	113.54
24.00	10.00	75.15
24.00	30.00	40.60
24.00	60.00	26.00
24.00	120.00	14.00
16.00	5.00	112.80
16.00	10.00	75.00
16.00	30.00	38.82
16.00	60.00	23.71
16.00	120.00	14.00
12.00	5.00	111.60
12.00	10.00	73.00
12.00	30.00	38.00
12.00	60.00	23.10
12.00	120.00	13.99
9.60	5.00	101.00
9.60	10.00	71.80
9.60	30.00	37.94
9.60	60.00	23.00
9.60	120.00	13.50
8.00	5.00	100.00
8.00	10.00	71.00
8.00	30.00	37.20
8.00	60.00	23.00
8.00	120.00	13.27
6.86	5.00	92.00
6.86	10.00	69.30
6.86	30.00	37.00
6.86	60.00	22.00
6.86	120.00	13.02
6.00	5.00	91.49
6.00	10.00	68.10
6.00	30.00	37.00
6.00	60.00	21.71
6.00	120.00	12.91
5.33	5.00	90.00
5.33	10.00	66.34
5.33	30.00	36.22
5.33	60.00	21.08
5.33	120.00	12.30
4.80	5.00	88.29
4.80	10.00	66.22
4.80	30.00	35.04
4.80	60.00	21.00

T años	Duracion (min)	I máx
4.80	120.00	12.00
4.36	5.00	86.40
4.36	10.00	65.40
4.36	30.00	34.00
4.36	60.00	20.28
4.36	120.00	11.12
4.00	5.00	84.60
4.00	10.00	64.18
4.00	30.00	33.80
4.00	60.00	19.40
4.00	120.00	11.00
3.69	5.00	84.60
3.69	10.00	64.00
3.69	30.00	33.00
3.69	60.00	19.04
3.69	120.00	11.00
3.43	5.00	83.00
3.43	10.00	63.89
3.43	30.00	32.70
3.43	60.00	19.00
3.43	120.00	10.89
3.20	5.00	82.20
3.20	10.00	63.00
3.20	30.00	32.44
3.20	60.00	18.70
3.20	120.00	10.46
3.00	5.00	81.30
3.00	10.00	61.66
3.00	30.00	32.11
3.00	60.00	18.40
3.00	120.00	10.00
2.82	5.00	81.25
2.82	10.00	60.21
2.82	30.00	32.04
2.82	60.00	18.00
2.82	120.00	10.00
2.67	5.00	78.90
2.67	10.00	60.10
2.67	30.00	31.40
2.67	60.00	18.00
2.67	120.00	10.00
2.53	5.00	76.00
2.53	10.00	60.00
2.53	30.00	30.67
2.53	60.00	18.00
2.53	120.00	9.89
2.40	5.00	75.30
2.40	10.00	58.23
2.40	30.00	30.11

T años	Duracion (min)	I máx
2.40	60.00	17.88
2.40	120.00	9.83
2.29	5.00	73.60
2.29	10.00	58.00
2.29	30.00	29.58
2.29	60.00	17.86
2.29	120.00	9.80
2.18	5.00	73.02
2.18	10.00	56.93
2.18	30.00	29.19
2.18	60.00	17.28
2.18	120.00	9.70
2.09	5.00	73.00
2.09	10.00	56.25
2.09	30.00	29.13
2.09	60.00	16.72
2.09	120.00	9.60
2.00	5.00	72.00
2.00	10.00	54.80
2.00	30.00	28.75
2.00	60.00	16.60
2.00	120.00	9.40
1.92	5.00	71.11
1.92	10.00	54.40
1.92	30.00	28.66
1.92	60.00	16.00
1.92	120.00	9.32
1.85	5.00	70.80
1.85	10.00	53.00
1.85	30.00	28.00
1.85	60.00	16.00
1.85	120.00	9.24
1.78	5.00	70.80
1.78	10.00	52.80
1.78	30.00	28.00
1.78	60.00	15.98
1.78	120.00	9.23
1.71	5.00	70.40
1.71	10.00	51.00
1.71	30.00	27.60
1.71	60.00	15.90
1.71	120.00	9.08
1.66	5.00	68.00
1.66	10.00	50.40
1.66	30.00	27.28
1.66	60.00	15.87
1.66	120.00	9.00
1.60	5.00	68.00

T años	Duracion (min)	I máx
1.60	10.00	50.00
1.60	30.00	27.24
1.60	60.00	15.81
1.60	120.00	8.94
1.55	5.00	67.20
1.55	10.00	49.90
1.55	30.00	26.80
1.55	60.00	15.63
1.55	120.00	8.85
1.50	5.00	67.20
1.50	10.00	49.20
1.50	30.00	25.56
1.50	60.00	15.60
1.50	120.00	8.23
1.45	5.00	65.00
1.45	10.00	49.20
1.45	30.00	25.40
1.45	60.00	15.54
1.45	120.00	8.05
1.41	5.00	64.00
1.41	10.00	47.80
1.41	30.00	24.00
1.41	60.00	15.52
1.41	120.00	8.02
1.37	5.00	62.40
1.37	10.00	46.86
1.37	30.00	24.00
1.37	60.00	15.20
1.37	120.00	7.95
1.33	5.00	61.58
1.33	10.00	43.80
1.33	30.00	23.60
1.33	60.00	14.70
1.33	120.00	7.95
1.30	5.00	60.00
1.30	10.00	42.60
1.30	30.00	23.00
1.30	60.00	14.00
1.30	120.00	7.85
1.26	5.00	59.31
1.26	10.00	42.20
1.26	30.00	23.00
1.26	60.00	13.66
1.26	120.00	6.90
1.23	5.00	58.00
1.23	10.00	39.00
1.23	30.00	22.80
1.23	60.00	13.20

T años	Duracion (min)	I máx
1.23	120.00	6.80
1.20	5.00	56.00
1.20	10.00	38.50
1.20	30.00	21.60
1.20	60.00	12.00
1.20	120.00	6.50
1.17	5.00	52.19
1.17	10.00	38.30
1.17	30.00	21.00
1.17	60.00	11.10
1.17	120.00	6.40
1.14	5.00	47.00
1.14	10.00	36.60
1.14	30.00	20.50
1.14	60.00	10.30
1.14	120.00	6.16
1.12	5.00	46.80
1.12	10.00	33.24
1.12	30.00	19.00
1.12	60.00	10.00
1.12	120.00	6.10
1.09	5.00	45.60
1.09	10.00	32.40
1.09	30.00	15.90
1.09	60.00	9.90
1.09	120.00	6.00
1.07	5.00	30.00
1.07	10.00	30.00
1.07	30.00	15.00
1.07	60.00	9.80
1.07	120.00	5.00
1.04	5.00	28.20
1.04	10.00	24.00
1.04	30.00	13.80
1.04	60.00	8.70
1.04	120.00	4.40
1.02	5.00	26.00
1.02	10.00	20.60
1.02	30.00	13.80
1.02	60.00	8.17
1.02	120.00	4.05

E.5. Encuesta a la población del sector La Molina, fecha 5/09/2022.

TEMA DE INVESTIGACIÓN: “EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE PLUVIAL DEL SECTOR LA MOLINA DISTRITO BAÑOS DEL INCA – CAJAMARCA”

Nota: Sus respuestas contribuyen a evaluar el sistema de Drenaje Pluvial del sector la Molina

01. ¿Cómo evalúa usted el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en el sector la Molina en épocas de precipitaciones pluviales?

Marca con un aspa.

ÓPTIMO

REGULAR

DEFICIENTE

02. ¿Usted, alguna vez ha observado que se ha realizado la limpieza de cuentas, badén, alcantarilla de cruce y canal de drenaje en el sector la Molina? Marque con un aspa.

Cunetas

SI
NO

Alcantarilla de Cruce

SI
NO

Badén

SI
NO

Canal de drenaje

SI
NO

03. ¿Usted presenció en alguna calle o calles en especifica inundaciones producto de las precipitaciones pluviales?, Menciona la calle o calles.

.....
.....

Muchas gracias por su aporte.

“El agua es la fuerza motriz de toda la naturaleza”