

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Optimización del sistema de drenaje pluvial y estrategias de
mantenimiento para reducir las inundaciones en las principales
avenidas del Distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, en el año
2024**

**Para optar el título profesional de:
Ingeniero Civil**

Autores:

Bach. Oscar Yonatan ARRIETA CRUZ

Bach. Limber Lizardo PANEZ VARA

Asesor:

Dr. Jorge Aladino CARUAJULCA LOMBARDI

Cerro de Pasco - Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



T E S I S

**Optimización del sistema de drenaje pluvial y estrategias de
mantenimiento para reducir las inundaciones en las principales
avenidas del Distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, en el año
2024**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA
PRESIDENTE

Mg. José German RAMIREZ MEDRANO
MIEMBRO

Mg. Lucio ROJAS VITOR
MIEMBRO



**Universidad Nacional Daniel Alcides
Carrión Facultad de Ingeniería
Unidad de Investigación**

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 252-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Optimización del Sistema de Drenaje Pluvial y Estrategias de Mantenimiento
para Reducir las Inundaciones en las principales avenidas del Distrito de
Yanacancha, en Cerro de Pasco, en el Año 2024**

Apellidos y nombres del tesista:

Bach. ARRIETA CRUZ, Oscar Yonatan

Bach. PANEZ VARA, Limber Lizardo

Apellidos y nombres del Asesor:

Dr. CARUAJULCA LOMBARDI, Jorge Aladino

Escuela de Formación Profesional

Ingeniería Civil

Índice de Similitud

1 %

APROBADO

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 03 de abril del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO
ISIDRO Ruben Edgar FAU
20154605046 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 03.04.2025 15:53:01 -05:00

DEDICATORIA

A Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y las oportunidades para llegar hasta aquí, a mi padre y hermanos, quienes con su amor, esfuerzo y apoyo incondicional me han guiado hasta alcanzar este logro. A mí mismo, por no rendirme, por superar las adversidades y por creer en mi capacidad de lograr mis sueños.

A Dios y a mi madre, por brindarme su amor y apoyo absoluto, en mi formación como profesional, permitiéndome así, poder cumplir cada uno de mis objetivos propuestos en mi vida. A mi persona por ser perseverante y buscar una solución ante cualquier dificultad, trazando así una meta más en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios, por darme la fortaleza, la sabiduría y la serenidad necesarias para enfrentar cada etapa de este proyecto, Quiero agradecer profundamente a mi padre y hermanos en especial a mi hermana Dennis, por su constante apoyo emocional y económico, y por enseñarme que con esfuerzo y perseverancia todo es posible. Sin su amor y dedicación, este sueño no se habría hecho realidad.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "Optimización del Sistema de Drenaje Pluvial y su Impacto en la Reducción de Inundaciones en las Principales Avenidas de Yanacancha, Cerro de Pasco, durante el año 2024" se desarrolló con el objetivo de analizar y mejorar la capacidad del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha, dada la recurrente problemática de inundaciones durante la temporada de lluvias. La investigación partió del diagnóstico del estado actual del sistema, identificando deficiencias estructurales y no estructurales que contribuyen al colapso de los desagües y a la acumulación de agua en puntos críticos de las principales avenidas. A través de un enfoque cuantitativo, se realizaron pruebas de hipótesis y se aplicaron modelos estadísticos que evidenciaron que la capacidad de drenaje es insuficiente para manejar el volumen de agua pluvial en periodos de lluvias intensas. Se evaluó la infraestructura existente, identificando la necesidad de ampliar las tuberías, instalar sistemas de filtración, y renovar componentes obsoletos. Los resultados indicaron que la implementación de mejoras estructurales permitiría un aumento en la eficiencia del sistema, logrando reducir las áreas afectadas por inundaciones en un 40%. Otro aspecto clave de la investigación fue el diseño de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, que contempla la realización de inspecciones regulares y la limpieza periódica del sistema de drenaje. Los resultados sugieren que la aplicación de este plan, junto con las mejoras estructurales, podría disminuir significativamente las obstrucciones y fallos en el sistema, garantizando su óptimo funcionamiento durante las temporadas críticas de lluvias. Además, se plantearon estrategias de participación comunitaria y programas educativos dirigidos a los residentes de Yanacancha. Estas estrategias buscan fomentar el compromiso de la población en la correcta disposición de residuos y en el monitoreo del sistema de drenaje. Los datos recolectados muestran que la implicación comunitaria puede reducir la acumulación de desechos en las vías de desagüe en un 25%, mejorando la capacidad de drenaje del agua pluvial y mitigando el impacto de las inundaciones. En conclusión, la investigación confirma que la

optimización del sistema de drenaje pluvial, acompañada de un plan de mantenimiento adecuado y la participación activa de la comunidad, es una solución viable para reducir la frecuencia y gravedad de las inundaciones en Yanacancha. Se espera que la implementación de estas medidas contribuya significativamente a mejorar la calidad de vida de los habitantes del distrito, reduciendo los riesgos asociados a los eventos climáticos extremos.

Palabra Clave: Drenaje pluvial, Inundaciones, Mantenimiento

ABSTRACT

The present research work entitled "Optimization of the Storm Drainage System and its Impact on Flood Reduction in the Main Avenues of Yanacancha, Cerro de Pasco, during the year 2024" was developed with the objective of analyzing and improving the capacity of the storm drainage system in Yanacancha, given the recurring problem of flooding during the rainy season. The research started from the diagnosis of the current state of the system, identifying structural and non-structural deficiencies that contribute to the collapse of the drains and the accumulation of water at critical points of the main avenues. Through a quantitative approach, hypothesis tests were carried out and statistical models were applied that showed that the drainage capacity is insufficient to handle the volume of storm water in periods of intense rainfall. The existing infrastructure was evaluated, identifying the need to expand the pipes, install filtration systems, and renew obsolete components. The results indicated that the implementation of structural improvements would allow for an increase in the efficiency of the system, reducing the areas affected by flooding by 40%. Another key aspect of the research was the design of a comprehensive preventive and corrective maintenance plan, which includes regular inspections and periodic cleaning of the drainage system. The results suggest that the implementation of this plan, together with structural improvements, could significantly reduce obstructions and failures in the system, ensuring its optimal operation during critical rainy seasons. In addition, community participation strategies and educational programs aimed at Yanacancha residents were proposed. These strategies seek to encourage the population's commitment to the correct disposal of waste and monitoring of the drainage system. The data collected show that community involvement can reduce the accumulation of waste in drainage channels by 25%, improving the drainage capacity of stormwater and mitigating the impact of flooding. In conclusion, the research confirms that the optimization of the storm drainage system, accompanied by an adequate maintenance plan and the active participation of the community, is a viable solution to reduce the frequency and severity of flooding in Yanacancha. The

implementation of these measures is expected to contribute significantly to improving the quality of life of the inhabitants of the district, reducing the risks associated with extreme weather events.

Keywords: Storm drainage, Floods, Maintenance

INTRODUCCIÓN

El distrito de Yanacancha, situado en la ciudad de Cerro de Pasco, se enfrenta a un desafío crítico: las recurrentes inundaciones en sus principales avenidas durante las temporadas de intensa lluvia. Este fenómeno no solo interrumpe el tránsito vehicular y peatonal, sino que también impacta negativamente en las actividades comerciales y cotidianas de sus residentes, generando riesgos para la infraestructura urbana y la salud pública. La situación se agrava debido a la insuficiencia del sistema de drenaje pluvial existente, el cual, a pesar de su importancia vital, ha demostrado ser ineficaz para gestionar el volumen de agua producido por las fuertes precipitaciones típicas de la región.

La obsolescencia y el mantenimiento deficiente del sistema de drenaje han resultado en frecuentes obstrucciones por residuos sólidos y sedimentos, limitando así su capacidad de evacuación y exacerbando las inundaciones. A su vez, la acelerada urbanización y el aumento de superficies impermeables, como calles pavimentadas y edificaciones, han incrementado el escurrimiento superficial, aumentando la carga sobre un sistema que ya es ineficiente. La carencia de un plan integral de mantenimiento y monitoreo ha permitido que las deficiencias del sistema permanezcan sin atención, perpetuando un ciclo de inundaciones que afecta gravemente la vida diaria de la comunidad.

Las principales avenidas de Yanacancha, cruciales para el transporte y la actividad comercial, son especialmente vulnerables a este fenómeno. Las inundaciones no solo interrumpen el flujo vehicular, sino que pueden causar daños estructurales a la infraestructura vial, deteriorar la calidad de vida de los habitantes y generar pérdidas económicas significativas para los negocios locales. Por tanto, se hace evidente la necesidad de optimizar el sistema de drenaje pluvial y desarrollar estrategias de mantenimiento efectivas que permitan mitigar las inundaciones en estas arterias vitales.

Este estudio se propone abordar la problemática desde una perspectiva integral, combinando diseño e ingeniería con participación comunitaria y planificación urbana.

Se enfocará en identificar las deficiencias del sistema de drenaje, proponer soluciones innovadoras y viables, y desarrollar un plan de mantenimiento y monitoreo que asegure la funcionalidad y resiliencia del sistema a largo plazo. La determinación del problema radica en la urgente necesidad de mitigar las inundaciones que afectan las principales avenidas de Yanacancha, con el fin de mejorar la seguridad, la movilidad y la calidad de vida de sus habitantes. La investigación se centrará en proporcionar soluciones prácticas y sostenibles que no solo resuelvan los problemas actuales, sino que también prevengan futuros desafíos relacionados con las lluvias intensas y el cambio climático.

INDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	IDENTIFICACIÓN Y DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	4
1.3.1.	Problema general	4
1.3.2.	Problemas específicos	4
1.4.	FORMULACIÓN DE OBJETIVOS	4
1.4.1.	Objetivo general	4
1.4.2.	Objetivos específicos.....	4
1.5.	JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.6.	LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1.	ANTECEDENTES DE ESTUDIO	9
2.1.1.	Antecedente de investigación.....	9
2.2.	BASES TEÓRICAS – CIENTÍFICAS	16
2.2.1.	Sistemas de Drenaje Pluvial.....	16
2.2.2.	Capacidad del Sistema de Drenaje Pluvial	21

2.2.3.	Mejoras Estructurales en el Sistema de Drenaje	32
2.2.4.	Mejoras No Estructurales en el Sistema de Drenaje	37
2.2.5.	Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo	42
2.2.6.	Estrategias de Participación Comunitaria	50
2.2.7.	Frecuencia y Gravedad de las Inundaciones	56
2.3.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	59
2.4.	FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS	61
2.4.1.	Hipótesis general	61
2.4.2.	Hipótesis específica	61
2.5.	IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES	62
2.5.1.	Variable independiente	62
2.5.2.	Variable dependiente	63
2.5.3.	Variable interviniente	63
2.6.	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES E INDICADORES	65

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	67
3.2.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	68
3.3.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	70
3.4.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	72
3.5.	POBLACIÓN Y MUESTRA	75
3.5.1.	Población	75
3.5.2.	Muestra	76
3.6.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	76
3.7.	TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	77
3.8.	TRATAMIENTO ESTADÍSTICO	78
3.9.	ORIENTACIÓN ÉTICA FILOSÓFICA Y EPISTÉMICA	79

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO DE CAMPO	81
4.1.1.	Evaluar la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial en Yanacancha y Determinar sus Principales Deficiencias	81
4.1.2.	Diseñar e Implementar Mejoras Estructurales y No Estructurales	82
4.1.3.	Desarrollar un Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.....	90
4.1.4.	Diseñar e Implementar Estrategias de Participación Comunitaria.....	91
4.2.	PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	92
4.2.1.	Evaluar la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial.....	92
4.2.2.	Mejoras Estructurales y No Estructurales	99
4.2.3.	Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo.....	104
4.2.4.	Estrategias de Participación Comunitaria	106
4.3.	PRUEBA DE HIPÓTESIS	111
4.3.1.	Prueba de Hipótesis 1 - Evaluación de la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial.....	111
4.3.2.	Prueba de Hipótesis 2 - Diseño e Implementación de Mejoras Específicas	113
4.3.3.	Prueba de Hipótesis 3 - Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo	115
4.3.4.	Prueba de Hipótesis 4 - Estrategias de Participación Comunitaria y Programas Educativos.....	116
4.4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	118

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Definición operacional de variables e indicadores	65
Tabla 2: Nombre de Avenidas y tramos de estudio (Fuente: Propio)	92
Tabla 3: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Proceres	92
Tabla 4: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Daniel A. Carrión	93
Tabla 5: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Minero	93
Tabla 6: Identificación de deficiencias – Av. Proceres.....	94
Tabla 7: Identificación de deficiencias – Av. Daniel A. Carrión	94
Tabla 8: Identificación de deficiencias – Av. Minero	95
Tabla 9: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Proceres	100
Tabla 10: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Daniel A. Carrión	100
Tabla 11: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Minero	101
Tabla 12: Indicadores de Éxito por cada Calle Principal.....	101
Tabla 13: Resultados de las Inspecciones – Av. Proceres	104
Tabla 14: Datos sobre Frecuencia de Inspecciones – Av. Daniel A. Carrión	105
Tabla 15: Efectividad de las Actividades de Mantenimiento – Av. Minero	105
Tabla 16: Reducción de Fallos en el Sistema – Av. Proceres	105
Tabla 17: Recomendaciones para Mejora Continua – Av. Daniel A. Carrión.....	106
Tabla 18: Resultados de la Participación Comunitaria – Av. Proceres	106
Tabla 19: Indicadores de Participación – Av. Daniel A. Carrión.....	107
Tabla 20: Efectos de los Programas Educativos – Av. Minero	107
Tabla 21: Impacto en la Reducción de Inundaciones – Av. Proceres	107
Tabla 22: Análisis e Interpretación de Resultados – Av. Daniel A. Carrión.....	108
Tabla 23: Prueba de hipótesis 1.....	112
Tabla 24: Prueba de Hipótesis	114
Tabla 25: Prueba de hipótesis 3.....	115
Tabla 26: Prueba de Hipótesis 4	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Sistema de drenaje construido y en buenas condiciones.	9
Ilustración 2: Verificación del sistema de drenaje en Av. Minero (Cerca a Av. Proceres)	9
Ilustración 3: Instalación de sistema de drenaje (Av. Minero).....	10
Ilustración 4: Instalacion de sistema de drenaje (Av. Proceres y Av. Daniel CARRION)	10
Ilustración 5: Limpieza y extensión de drenaje en Av. Proceres y Daniel Carrión.....	11
Ilustración 6: Extensión de drenaje en Av. Minero y Av. La cultura	11
Ilustración 7: Incremento de dimensiones de drenaje entre Av. Minero y Ramon Castilla	12
Ilustración 8: Modificación de dimensiones de drenaje en Av. Proceres y Av.. 6 de diciembre	12
Ilustración 9: Modificación de dimensiones entre Av. Minero y Av. Proceres	13
Ilustración 10: Incremento de dimensión de drenaje en toda la Av. Minero	13

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

El distrito de Yanacancha, en la ciudad de Cerro de Pasco, enfrenta serios problemas de inundación en sus principales avenidas durante las épocas de lluvia intensa. Estas inundaciones recurrentes no solo dificultan el tránsito vehicular y peatonal, sino que también afectan gravemente las actividades comerciales y cotidianas de los residentes, poniendo en riesgo la infraestructura urbana y la salud pública.

El sistema de drenaje pluvial existente en Yanacancha ha demostrado ser insuficiente para manejar el volumen de agua generado por las fuertes precipitaciones características de la región. Este sistema, en gran parte obsoleto y mal mantenido, se encuentra frecuentemente obstruido por residuos sólidos y sedimentos, lo que disminuye su capacidad de evacuación y agrava las inundaciones.

La urbanización acelerada y el incremento de superficies impermeables, como calles pavimentadas y edificios, han incrementado el escurrimiento superficial, aumentando la carga sobre el sistema de drenaje. Además, la falta de un plan integral de mantenimiento y monitoreo contribuye a que los

problemas del sistema no se detecten ni se resuelvan de manera oportuna, exacerbando las condiciones de inundación.

Las principales avenidas de Yanacancha, siendo arterias vitales para el transporte y el comercio, son particularmente vulnerables. Las inundaciones en estas vías no solo interrumpen el flujo de tráfico, sino que también pueden causar daños estructurales a la infraestructura vial, deteriorar la calidad de vida de los habitantes y generar pérdidas económicas significativas para los negocios locales.

Ante este panorama, se hace evidente la necesidad de optimizar el sistema de drenaje pluvial y desarrollar estrategias de mantenimiento efectivas que permitan reducir las inundaciones en las principales avenidas de Yanacancha. Esta optimización debe considerar tanto mejoras en la infraestructura existente como la implementación de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles que aseguren una gestión eficiente del agua pluvial.

La problemática identificada requiere un abordaje integral que combine el diseño y la ingeniería con la participación comunitaria y la planificación urbana. La investigación se enfocará en identificar las deficiencias actuales del sistema de drenaje, proponer soluciones innovadoras y viables, y desarrollar un plan de mantenimiento y monitoreo que garantice la funcionalidad y resiliencia del sistema de drenaje pluvial a largo plazo.

La determinación de este problema radica en la urgente necesidad de mitigar las inundaciones que afectan las principales avenidas de Yanacancha, mejorando así la seguridad, la movilidad y la calidad de vida de sus habitantes. La investigación se centrará en proporcionar soluciones prácticas y sostenibles que no solo resuelvan los problemas actuales, sino que también prevengan futuros desafíos relacionados con las lluvias intensas y el cambio climático.

1.2. Delimitación de la investigación

El presente proyecto de investigación se centrará en el distrito de Yanacancha, ubicado en la ciudad de Cerro de Pasco, específicamente en las principales avenidas afectadas por problemas recurrentes de inundación durante las temporadas de lluvia intensa. La investigación se limitará a evaluar y optimizar el sistema de drenaje pluvial en esta área geográfica concreta, dado que las inundaciones afectan de manera significativa el tránsito, las actividades comerciales y la infraestructura urbana en estas avenidas principales.

La investigación abordará exclusivamente el sistema de drenaje pluvial existente en Yanacancha, excluyendo otros aspectos de la gestión de agua, como el tratamiento de aguas residuales o el manejo de agua potable. Se enfocará en el análisis de las deficiencias del sistema actual, que incluye su capacidad insuficiente para manejar el volumen de agua de las precipitaciones, su obsolescencia, y los problemas derivados de su mantenimiento deficiente.

En cuanto a la metodología, se limitará a la identificación y evaluación de las condiciones del sistema de drenaje, el diseño de soluciones innovadoras para su optimización, y el desarrollo de estrategias de mantenimiento y monitoreo. El estudio no incluirá la implementación directa de las soluciones propuestas, sino que se centrará en la formulación de recomendaciones y planes que podrían ser aplicados posteriormente por las autoridades locales.

La investigación también considerará el impacto de la urbanización acelerada y el aumento de superficies impermeables, pero no profundizará en los efectos de largo plazo del cambio climático, más allá de su influencia en las precipitaciones intensas que afectan el drenaje. De igual manera, se tendrá en cuenta la participación de la comunidad y las prácticas sostenibles dentro del ámbito de la gestión de drenaje, sin extenderse a la planificación urbana en general.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo se puede optimizar el sistema de drenaje pluvial y desarrollar estrategias de mantenimiento para reducir las inundaciones en las principales avenidas del distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, durante el año 2024?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cuál es la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha y cuáles son sus principales deficiencias?
2. ¿Qué mejoras estructurales y no estructurales pueden implementarse para aumentar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en las principales avenidas de Yanacancha?
3. ¿Cómo se puede diseñar un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo que asegure la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial?
4. ¿Qué estrategias de participación comunitaria y programas educativos pueden implementarse para involucrar a la comunidad en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje pluvial y así reducir las inundaciones en las principales avenidas?

1.4. Formulación de Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el sistema de drenaje pluvial y desarrollar estrategias de mantenimiento para reducir las inundaciones en las principales avenidas del distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, durante el año 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Evaluar la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha y determinar sus principales deficiencias.

2. Diseñar e implementar mejoras estructurales y no estructurales que aumenten la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en las principales avenidas de Yanacancha.
3. Desarrollar un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo que asegure la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial.
4. Diseñar e implementar estrategias de participación comunitaria y programas educativos que involucren a la comunidad en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje pluvial, reduciendo así las inundaciones en las principales avenidas.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica por la creciente necesidad de abordar las severas inundaciones que afectan al distrito de Yanacancha en Cerro de Pasco, un problema que se ha vuelto crónico durante las épocas de lluvias intensas. Las inundaciones recurrentes en las principales avenidas de este distrito no solo interrumpen la movilidad de vehículos y peatones, sino que también tienen repercusiones negativas en la vida cotidiana de los residentes y en la actividad comercial local.

El sistema de drenaje pluvial actual en Yanacancha ha demostrado ser inadecuado para enfrentar el volumen de agua generado por las precipitaciones intensas que caracterizan la región. Este sistema, en gran medida obsoleto y mal mantenido, se encuentra frecuentemente bloqueado por residuos sólidos y sedimentos, lo que reduce su capacidad para evacuar el agua de manera eficiente. Este problema se agrava por la urbanización acelerada y el incremento de superficies impermeables, como calles pavimentadas y edificios, que aumentan el escurrimiento superficial y la carga sobre el sistema de drenaje.

La insuficiencia del sistema de drenaje pluvial impacta directamente en la calidad de vida de los habitantes de Yanacancha. Las inundaciones en las

principales avenidas no solo causan molestias y riesgos para la seguridad, sino que también pueden resultar en daños estructurales a la infraestructura vial. Esto afecta negativamente a los negocios locales, interrumpe el comercio y genera pérdidas económicas significativas. Además, las inundaciones recurrentes tienen el potencial de deteriorar la salud pública, al exponer a la población a aguas contaminadas y posibles riesgos sanitarios.

La justificación de esta investigación radica en la necesidad imperiosa de desarrollar e implementar soluciones efectivas para mitigar las inundaciones y mejorar la gestión del agua pluvial en el distrito. Un enfoque integral que combine mejoras en la infraestructura existente con nuevas tecnologías y prácticas sostenibles es crucial para asegurar un sistema de drenaje que pueda manejar el volumen de agua en épocas de lluvias intensas y prevenir futuros problemas relacionados con el cambio climático.

Además, la falta de un plan de mantenimiento y monitoreo adecuado contribuye a que los problemas del sistema no se detecten ni se resuelvan de manera oportuna. Por lo tanto, la investigación también se enfocará en proponer un plan de mantenimiento continuo y estrategias de monitoreo que garanticen la funcionalidad y resiliencia del sistema de drenaje a largo plazo.

La investigación es también crucial desde una perspectiva de planificación urbana y participación comunitaria. La inclusión de la comunidad en el proceso de diseño y optimización del sistema de drenaje no solo asegura que las soluciones sean viables y aceptadas localmente, sino que también fomenta una mayor conciencia y responsabilidad en el mantenimiento del sistema.

1.6. Limitaciones de la investigación

La investigación sobre la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento para reducir las inundaciones en las principales avenidas del distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, se enfrenta

a diversas limitaciones que pueden afectar el alcance y la implementación de los resultados obtenidos. Estas limitaciones se detallan a continuación:

1. **Limitaciones Geográficas y de Infraestructura:** La investigación se centrará exclusivamente en las principales avenidas del distrito de Yanacancha, excluyendo otras áreas del distrito o de la ciudad de Cerro de Pasco que también podrían verse afectadas por problemas similares. La infraestructura específica de las avenidas seleccionadas, como el tipo de pavimentación, la disposición de los desagües y la presencia de obstrucciones, puede variar significativamente, lo que podría limitar la aplicabilidad de las soluciones propuestas a otras áreas.
2. **Condiciones Climáticas y Variabilidad:** Las precipitaciones intensas y su variabilidad en la región pueden influir en la capacidad del sistema de drenaje para manejar el escurrimiento. Sin embargo, la investigación no podrá controlar las condiciones climáticas exactas durante el período de estudio, lo que podría afectar la interpretación de los datos y la eficacia de las soluciones propuestas. Además, el cambio climático y sus efectos a largo plazo sobre las precipitaciones podrían no ser completamente predecibles ni considerados en el alcance de la investigación.
3. **Limitaciones Técnicas y de Recursos:** La implementación de las soluciones propuestas puede verse limitada por restricciones técnicas y de recursos. La capacidad para realizar cambios en la infraestructura existente puede verse condicionada por factores como el presupuesto disponible, la disponibilidad de materiales y tecnología, y las limitaciones técnicas del sistema de drenaje actual. La investigación se basará en simulaciones y modelos teóricos que pueden no reflejar completamente las dificultades prácticas de la implementación.
4. **Participación Comunitaria:** Aunque la investigación considerará la participación de la comunidad en el proceso de diseño y planificación, el

nivel de participación y la aceptación de las soluciones propuestas pueden variar. Las opiniones y necesidades de los residentes pueden no ser uniformes, y la implementación de las soluciones puede enfrentar resistencia o dificultades si no se abordan adecuadamente las preocupaciones locales.

5. **Datos y Evaluación:** La investigación dependerá de la disponibilidad y precisión de datos existentes sobre el sistema de drenaje y las precipitaciones. La falta de datos históricos o la imprecisión en las mediciones podrían limitar la capacidad para evaluar el rendimiento actual del sistema y prever la efectividad de las soluciones propuestas. Además, la investigación puede enfrentar desafíos en la recopilación y análisis de datos debido a limitaciones de tiempo y recursos.
6. **Alcance de la Investigación:** La investigación se enfocará en la optimización del sistema de drenaje pluvial y en estrategias de mantenimiento, sin abordar otros aspectos relacionados con la gestión del agua, como el tratamiento de aguas residuales o la planificación urbana integral. Esta limitación puede restringir la capacidad para ofrecer una solución holística que integre todos los factores que contribuyen a las inundaciones en la región.
7. **Aspectos Normativos y Regulatorios:** Las propuestas y soluciones de la investigación deberán alinearse con las normativas y regulaciones locales, regionales o nacionales. Cualquier cambio en las políticas o en los requisitos regulatorios durante el período de estudio podría afectar la aplicabilidad y viabilidad de las recomendaciones realizadas.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedente de investigación

- El diseño de sistemas de drenaje pluvial es un tema de vital importancia para mitigar los efectos negativos de las lluvias intensas en áreas urbanas, especialmente en regiones afectadas por fenómenos climáticos extremos y el cambio climático. Un ejemplo destacado de este tipo de proyectos es la tesis titulada **"Diseño de un Sistema de Drenaje Pluvial Urbano en la Ciudad de Otuzco, La Libertad, mediante el uso del Modelo Matemático SWMM"**. Esta investigación, realizada por Pedro Diego Luna Victoria Narro, se centró en la creación de un sistema de drenaje pluvial urbano en Otuzco, utilizando el software SWMM (Modelo de Gestión de Aguas Pluviales) para optimizar el diseño de la infraestructura y mejorar la gestión de las aguas pluviales. El estudio aborda los problemas ocasionados por la impermeabilización del suelo, el cambio climático y el fenómeno de El Niño, que incrementan la vulnerabilidad de las ciudades frente a las lluvias intensas. Otuzco, como muchas otras ciudades peruanas, carece de un adecuado sistema de drenaje

pluvial, lo que provoca daños significativos en la infraestructura urbana, la economía local y la calidad de vida de los habitantes. Ante esta situación, la investigación propone un sistema de drenaje que no solo cumpla con la normativa nacional, que establece la obligatoriedad de contar con un drenaje pluvial en áreas urbanas, sino que también incorpore soluciones sostenibles para reducir los riesgos de inundaciones. El uso del software SWMM en el diseño es una de las características clave del proyecto. Este modelo matemático permite simular el comportamiento del agua durante las precipitaciones y realizar cálculos precisos que optimizan el tiempo y los costos del diseño. El proceso seguido en la investigación incluyó un análisis hidrológico detallado para determinar las precipitaciones de diseño, identificar los parámetros de la cuenca y simular el sistema de drenaje urbano. El diseño fue calibrado y validado para garantizar un rendimiento hidráulico óptimo, cumpliendo con la normativa vigente. Una de las conclusiones importantes de este estudio fue que la ciudad de Otuzco, debido a su topografía y la falta de áreas verdes, presenta un coeficiente de escorrentía elevado en su zona urbana (0,89), lo que indica un alto nivel de impermeabilidad. Esto aumenta la necesidad de un sistema de drenaje eficiente. Además, se identificó que la ciudad tiene 11 cuencas rurales y 59 cuencas urbanas, y que las áreas rurales aportan significativamente más agua al sistema debido a su mayor capacidad de infiltración. Para el diseño de los colectores y canales, se seleccionaron materiales como tuberías de polietileno de alta densidad, adecuadas para soportar grandes velocidades de flujo y facilitar la instalación. Las simulaciones mostraron que las velocidades de flujo en los colectores oscilan entre 0,92 m/s y 5,44

m/s, mientras que en los canales de concreto las velocidades se sitúan entre 2,41 m/s y 2,83 m/s. Este tipo de diseño asegura una evacuación eficiente del agua, evitando la saturación de las redes de drenaje durante las lluvias. Otro aspecto relevante del estudio es la necesidad de calibrar el modelo para obtener valores más ajustados a la realidad, dado que no se contaba con datos específicos de la zona. El método racional, ampliamente utilizado en proyectos hidráulicos en el Perú, fue clave para ajustar el diseño y asegurar su viabilidad. El diseño final fue validado con respecto a los diámetros, velocidades y pendientes de los colectores, cumpliendo con la norma técnica OS.060. La implementación del sistema de drenaje pluvial propuesto en Otuzco tiene un costo estimado de S/ 7 636 301,05. Este proyecto no solo es viable desde el punto de vista técnico y económico, sino que también es esencial para garantizar el desarrollo sostenible de la ciudad y mejorar la seguridad de los pobladores frente a futuros eventos de lluvias intensas. Este antecedente es de gran relevancia para el proyecto de optimización del sistema de drenaje pluvial en el distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco. Al igual que Otuzco, Yanacancha enfrenta problemas de inundaciones debido a un sistema de drenaje insuficiente, exacerbado por la impermeabilización del suelo y el crecimiento urbano. El uso del modelo SWMM en el proyecto de Otuzco demuestra que este tipo de herramientas pueden ser clave para diseñar soluciones efectivas y adaptables a las condiciones locales, optimizando el uso de los recursos y garantizando una gestión más eficiente del agua pluvial. Además, la importancia de la calibración y la validación del modelo es un punto a considerar para asegurar que

las soluciones propuestas en Yanacancha sean viables y sostenibles a largo plazo.

- El diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano ha sido un área clave de investigación y desarrollo en zonas urbanas vulnerables a las lluvias intensas y sus consecuencias. Un ejemplo relevante es la tesis titulada **“Análisis y Diseño del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano del Distrito de Pátapo, Provincia de Chiclayo, Región Lambayeque”**, realizada por Diego Armando Sánchez Fernández, la cual se enfoca en el desarrollo de un sistema de drenaje pluvial como solución para mitigar las inundaciones que afectan la infraestructura vial de Pátapo durante el periodo de lluvias. Este proyecto aborda una problemática común en muchas regiones urbanas: la falta de un sistema adecuado para evacuar el agua de lluvia, lo que lleva a acumulaciones en las calles y ocasiona daños socioeconómicos significativos. Las inundaciones no solo deterioran la infraestructura vial, sino que también provocan el colapso del sistema de alcantarillado sanitario, generando la afloración de aguas contaminadas en la superficie del pavimento. Este fenómeno no solo afecta el tránsito y la infraestructura, sino que también incrementa los riesgos de enfermedades debido a la proliferación de insectos y bacterias en las aguas estancadas. El enfoque del estudio en Pátapo incluyó la recopilación de datos clave mediante un levantamiento topográfico y un análisis de mecánica de suelos. Este último reveló que el terreno en su mayoría es de tipo arena-arcillosa, lo que permite una alta capacidad de infiltración, un aspecto positivo para la eficiencia del drenaje. El estudio hidrológico permitió definir los parámetros de precipitación y realizar el diseño adecuado para un sistema de drenaje que incluya 12 pozos de registro, 13 sumideros

tipo ventana y más de 1,300 metros lineales de tubería PVC. Este diseño fue concebido para lograr una correcta evacuación de las aguas pluviales y, por lo tanto, reducir los daños que las inundaciones provocan en la infraestructura y en la salud pública de los habitantes. Uno de los aspectos más importantes del proyecto es que, a pesar de las condiciones favorables del suelo en cuanto a infiltración, la instalación de un sistema de reutilización del agua a través de celdas aquacell no resultó viable, ya que solo se podría reutilizar un 9.78% del volumen total de agua precipitada en la zona de estudio. Este hallazgo pone en evidencia que, aunque la reutilización del agua es una práctica sostenible, no siempre es factible en todas las condiciones urbanas, y la prioridad en este caso debía ser la evacuación eficiente del agua de lluvia. El proyecto también incluyó un análisis de impacto ambiental, concluyendo que aunque la ejecución del sistema de drenaje pluvial podría generar algunos impactos negativos, estos pueden ser mitigados mediante un plan de manejo ambiental. Además, se calculó que el proyecto tendría un plazo de ejecución de 120 días calendario y un costo total de 3,006,333.65 soles. Este antecedente proporciona información valiosa para el proyecto de optimización del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha, ya que comparte similitudes en cuanto a los problemas de inundación y colapso del sistema sanitario. La experiencia en Pátapo destaca la importancia de realizar un análisis detallado del terreno y los recursos disponibles, así como la necesidad de diseñar un sistema de drenaje que no solo aborde la evacuación de aguas pluviales, sino que también considere el impacto ambiental y la viabilidad económica. Además, el uso de materiales como tuberías de PVC de diferentes diámetros y la

integración de pozos de registro y sumideros pueden ser opciones aplicables para el diseño en Yanacancha, ajustándose a las características locales. Este análisis también subraya la importancia de realizar estudios hidrológicos y topográficos exhaustivos para entender la dinámica del agua en la zona urbana, una práctica que será esencial para garantizar la eficacia del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha, mejorando la calidad de vida de los habitantes y reduciendo los riesgos de enfermedades y daños económicos causados por las inundaciones.

- El diseño de sistemas de drenaje pluvial urbano es una necesidad creciente en las ciudades afectadas por fenómenos meteorológicos extremos, como el fenómeno del Niño costero, que ocasiona precipitaciones intensas y caudales elevados, generando inundaciones en las zonas urbanas. Un ejemplo de estudio detallado sobre este tipo de proyectos es la tesis titulada **“Diseño de un Sistema de Drenaje Urbano Pluvial en las Avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín – Trujillo – La Libertad”**, desarrollada por Melanie Benites Rodríguez y Adrián Bustamante Quiroz. Este trabajo aborda la problemática que enfrenta Trujillo, en la región La Libertad, con respecto a las inundaciones que se generan en varias de sus avenidas más importantes, especialmente durante la temporada de lluvias y la llegada del fenómeno del Niño. El objetivo principal de la investigación es diseñar un sistema de drenaje pluvial urbano que mitigue el impacto de los caudales generados por las lluvias intensas en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín. Para ello, se propuso un sistema de drenaje dividido en dos subsistemas (denominados "sub sistema de la izquierda" y "sub sistema de la derecha") con dos puntos de

descarga, que permitirán evacuar de manera eficiente el agua acumulada y evitar las sobrecargas e inundaciones. El diseño del sistema de drenaje incluye un total de 31 buzones interconectados mediante tuberías, respetando las pendientes mínimas y máximas requeridas para garantizar un flujo adecuado. La modelación del sistema se realizó utilizando el software especializado SWMM V.5.1 (Storm Water Management Model), que permite simular el comportamiento del sistema y verificar su eficacia bajo diferentes condiciones hidrológicas. Para el cálculo hidrológico, los autores emplearon el modelo de depósito no lineal, mientras que para los cálculos hidráulicos se utilizaron las fórmulas de la onda dinámica, que reproducen el flujo no permanente del agua. El hietograma del proyecto fue generado a partir de datos de precipitación representativa, transformada en intensidad, y se adaptó la curva sintética de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) utilizando el método ILLA SENAMHI UNI, con un período de retorno de 25 años. En cuanto a la delimitación de la cuenca urbana, esta se dividió en 31 subcuencas que varían en tamaño desde 0.41 hasta 3.64 hectáreas, lo que permitió un análisis detallado del comportamiento hidrológico en distintas áreas de la zona de estudio. Las áreas urbanas se clasificaron en tres tipos: área permeable, área impermeable y área impermeable sin encharcamiento. Este enfoque permitió un análisis más preciso de la infiltración del agua en el terreno, empleando el número de curva como modelo de infiltración. Entre las conclusiones del proyecto se destaca que el sistema propuesto logrará mitigar los caudales generados en las avenidas afectadas, evitando así los problemas recurrentes de inundaciones que afectan tanto a la infraestructura vial como a la seguridad de los

habitantes. El diseño final contempla tuberías de diámetros variables, que oscilan entre 0.40 y 1.20 metros, y longitudes que van desde 80 hasta 194 metros, distribuidas en dos subsistemas de drenaje. La descarga total del sistema es significativa, con un volumen de 8402 metros cúbicos, lo que refleja la magnitud del problema de inundación que afecta a esta zona de Trujillo durante el fenómeno del Niño. Este proyecto también aporta valiosa información sobre la importancia de un adecuado levantamiento topográfico y la generación de mapas de curvas de nivel con equidistancias precisas para el diseño de sistemas de drenaje. La precisión en el análisis de las subcuencas y la modelación hidrológica permite optimizar los recursos y garantizar que el sistema funcione de manera eficiente, incluso en las condiciones más adversas. Finalmente, el estudio concluye que la implementación de este sistema de drenaje no solo reducirá las inundaciones en las avenidas Víctor Larco, Fátima y Húsares de Junín, sino que también contribuirá a mejorar la calidad de vida de los habitantes y a proteger la infraestructura urbana frente a futuros eventos climáticos extremos, como el fenómeno del Niño costero. Este proyecto sirve como referencia para otros estudios de drenaje pluvial en zonas urbanas vulnerables, destacando la importancia de un enfoque integral que combine el análisis topográfico, hidrológico e hidráulico.

2.2. Bases teóricas – científicas

2.2.1. Sistemas de Drenaje Pluvial

2.2.1.1. Concepto y Función del Drenaje Pluvial

El drenaje pluvial es un sistema de infraestructura diseñado específicamente para gestionar y evacuar el agua de lluvia que se

acumula en áreas urbanas y rurales durante eventos de precipitación. Su principal objetivo es evitar que las aguas pluviales se estanquen en la superficie, lo que podría provocar inundaciones, erosión del suelo, daños a las infraestructuras viales y riesgos sanitarios para la población. En esencia, el drenaje pluvial permite una gestión eficiente del exceso de agua, redirigiéndola hacia cauces naturales o artificiales, evitando así su acumulación en zonas donde podría generar problemas.

El sistema de drenaje pluvial se compone de diversos elementos, tales como canales, sumideros, tuberías, y pozos de inspección, que funcionan en conjunto para captar, transportar y evacuar las aguas de lluvia hacia sistemas receptores, como ríos, lagunas o plantas de tratamiento (Mays, 2011). Además, según indica Hager (2012), este sistema debe ser capaz de manejar el volumen de agua generado por precipitaciones de diversa intensidad, asegurando que el flujo de agua no exceda la capacidad de las infraestructuras, evitando con ello inundaciones.

La función del drenaje pluvial es esencial para el funcionamiento de las ciudades y áreas urbanas, ya que permite la movilidad segura de las personas y el transporte de mercancías, especialmente durante periodos de lluvias intensas. Según Linsley, Franzini, Freyberg y Tchobanoglous (1992), un buen sistema de drenaje debe estar diseñado para adaptarse a las características climáticas y topográficas del área, teniendo en cuenta factores como la intensidad y frecuencia de las lluvias, la capacidad de infiltración del suelo y la pendiente del terreno. Estos factores determinan la cantidad de agua que el sistema debe evacuar, así como el diseño de los conductos, sumideros y otras estructuras involucradas.

De igual forma, los sistemas de drenaje pluvial deben cumplir con funciones adicionales, tales como la reducción del riesgo de contaminación, dado que el agua de lluvia puede arrastrar residuos y sustancias contaminantes desde las calles y áreas urbanas hacia los cuerpos de agua, lo que puede generar problemas ambientales (Marsalek & Schreier, 2009). Por esta razón, muchas ciudades han comenzado a implementar sistemas de drenaje sostenible que buscan minimizar los efectos negativos del escurrimiento superficial y promover la reutilización del agua pluvial.

2.2.1.2. Tipos de Sistemas de Drenaje Pluvial

Los sistemas de drenaje pluvial son esenciales para la gestión eficiente del agua de lluvia en áreas urbanas y rurales. Estos sistemas están diseñados para recolectar, transportar y finalmente evacuar las aguas pluviales, previniendo inundaciones, erosión y otros problemas asociados con la acumulación de agua superficial. Dependiendo de las características geográficas, climáticas y urbanísticas de una región, existen diferentes tipos de sistemas de drenaje pluvial, cada uno adaptado para cumplir con las necesidades específicas del entorno. A continuación, se describen los tipos más comunes de sistemas de drenaje pluvial.

Drenaje Pluvial Superficial

El drenaje pluvial superficial es el tipo más básico de sistema y se caracteriza por la recolección y conducción de las aguas pluviales a través de la superficie del terreno. Generalmente, este sistema utiliza elementos como zanjas, canales abiertos, cunetas y bordes de carreteras para dirigir el agua hacia desagües o cuerpos receptores, como ríos o embalses (Freni, Mannina & Viviani, 2010). Este tipo de drenaje es común en zonas rurales o áreas urbanas con baja densidad

de población, donde la topografía permite la rápida evacuación del agua sin necesidad de un sistema subterráneo. Además, una de sus ventajas es su bajo costo de instalación y mantenimiento, ya que no requiere grandes infraestructuras subterráneas.

Sin embargo, el drenaje superficial presenta ciertas limitaciones. Por ejemplo, en áreas con pendiente baja o en zonas urbanas densamente pobladas, donde el espacio es limitado, este tipo de sistema puede ser ineficiente o incluso peligroso, ya que el agua puede acumularse rápidamente en las calles, generando inundaciones y problemas de movilidad (Butler & Davies, 2011). Además, puede contribuir al arrastre de contaminantes, como aceites y sedimentos, hacia cuerpos de agua cercanos.

Drenaje Pluvial Subterráneo

El drenaje pluvial subterráneo consiste en la instalación de un conjunto de tuberías, colectores y pozos de inspección bajo la superficie, diseñados para recolectar y evacuar las aguas pluviales sin que estas afecten el entorno inmediato. Este sistema es ampliamente utilizado en áreas urbanas, donde el espacio en superficie es limitado y la infraestructura necesita ser eficiente y discreta (Mays, 2011). El agua de lluvia es recogida por sumideros y bocas de tormenta ubicadas en las calles, que luego la canalizan hacia el sistema subterráneo, donde es transportada a zonas receptoras fuera de la ciudad o a plantas de tratamiento.

Entre las ventajas del drenaje subterráneo se encuentra su capacidad para manejar grandes volúmenes de agua de manera eficiente, sin interferir con la actividad cotidiana en la superficie. Según Chocat et al. (2001), este tipo de sistema es especialmente útil en ciudades con alta densidad de población y calles estrechas, ya que

permite la evacuación del agua sin causar inconvenientes para la movilidad urbana.

Sin embargo, este tipo de drenaje tiene un costo elevado, tanto en términos de construcción como de mantenimiento. Además, su capacidad puede verse limitada si no se diseñan adecuadamente los diámetros de las tuberías o si no se realizan las operaciones de limpieza periódicas necesarias para evitar obstrucciones (Linsley, Franzini, Freyberg, & Tchobanoglous, 1992).

Sistemas de Drenaje Pluvial Sostenible (SuDS)

En las últimas décadas, ha surgido una creciente preocupación por los efectos ambientales de los sistemas de drenaje tradicionales, lo que ha llevado al desarrollo de los Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (SuDS, por sus siglas en inglés). Estos sistemas buscan imitar el ciclo hidrológico natural mediante la retención, infiltración y reutilización del agua de lluvia en lugar de simplemente evacuarla rápidamente del entorno urbano (Fletcher et al., 2015). Los SuDS incluyen una amplia variedad de técnicas, como jardines de lluvia, estanques de retención, techos verdes y pavimentos permeables, que permiten la infiltración del agua de lluvia en el suelo o su almacenamiento temporal para su posterior uso.

Según Schueler (2000), una de las principales ventajas de los SuDS es que contribuyen a reducir el riesgo de inundaciones al ralentizar el flujo de agua hacia los sistemas de drenaje convencionales, permitiendo que una mayor cantidad de agua se infiltre en el suelo o se almacene temporalmente. Además, estos sistemas contribuyen a mejorar la calidad del agua al filtrar contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua receptores.

A pesar de sus beneficios, la implementación de los SuDS presenta algunos desafíos. Por un lado, requieren una planificación cuidadosa y un cambio en la forma tradicional de diseñar infraestructuras urbanas. Además, su efectividad depende en gran medida de las condiciones locales, como la permeabilidad del suelo y la cantidad de espacio disponible para instalar estas soluciones (Butler & Davies, 2011).

Sistemas Combinados de Drenaje

Un sistema combinado de drenaje es aquel que maneja tanto aguas residuales como aguas pluviales en un solo conjunto de tuberías. Este tipo de sistema es común en ciudades antiguas, donde el desarrollo urbanístico no contemplaba la separación de ambos tipos de agua. Sin embargo, en la actualidad, los sistemas combinados son menos comunes debido a que, durante eventos de fuertes lluvias, pueden sobresaturarse y provocar descargas de aguas residuales sin tratar en los cuerpos receptores, lo que genera problemas ambientales y sanitarios (Marsalek & Schreier, 2009).

2.2.2. Capacidad del Sistema de Drenaje Pluvial

2.2.2.1. Definición de Capacidad del Sistema

La capacidad de un sistema de drenaje pluvial se refiere a la cantidad máxima de agua de lluvia que el sistema puede manejar sin que ocurra una sobrecarga o colapso, lo que llevaría a inundaciones en áreas urbanas o rurales. Este concepto es fundamental en el diseño y operación de cualquier sistema de drenaje, ya que define los límites físicos y operativos del sistema para evacuar el agua de manera segura y eficiente. La capacidad de un sistema de drenaje no solo depende del volumen de agua que puede transportar, sino también de factores como el diseño de las tuberías, la inclinación del terreno y el tamaño de los componentes, como alcantarillas y sumideros (Butler & Davies, 2011).

Factores que Afectan la Capacidad del Sistema de Drenaje

La capacidad de un sistema de drenaje pluvial está influenciada por diversos factores. Entre ellos, destacan:

1. **Diámetro y Longitud de las Tuberías:** Las tuberías son el principal medio de transporte del agua de lluvia dentro de un sistema de drenaje. La capacidad de una tubería para evacuar el agua está directamente relacionada con su diámetro y longitud. Un mayor diámetro permite transportar un mayor volumen de agua, mientras que la longitud de las tuberías puede afectar la eficiencia de transporte, ya que un sistema más extenso puede requerir mayores pendientes para mantener el flujo adecuado (Mays, 2011).
2. **Pendiente del Terreno:** La inclinación del terreno es un factor clave que determina la rapidez con la que el agua se mueve a través del sistema. Las pendientes pronunciadas pueden favorecer un flujo más rápido y eficiente del agua, mientras que las pendientes suaves o planas pueden causar acumulaciones de agua y reducir la capacidad del sistema. Según Linsley, Franzini, Freyberg, y Tchobanoglous (1992), en áreas con pendientes bajas, es fundamental diseñar las tuberías con suficiente capacidad para evitar la saturación.
3. **Capacidad de los Sumideros y Bocas de Tormenta:** Los sumideros y las bocas de tormenta son componentes esenciales del sistema de drenaje, ya que recogen el agua superficial y la canalizan hacia las tuberías subterráneas. La capacidad de estos elementos para evacuar el agua depende de su tamaño y de la cantidad de sumideros instalados en una zona. Si los sumideros son insuficientes o están mal diseñados, el sistema puede verse

sobrecargado durante eventos de lluvias intensas, lo que provocará inundaciones en la superficie (Freni, Mannina & Viviani, 2010).

4. **Condiciones Hidrológicas y Climatológicas:** El sistema de drenaje debe estar diseñado para manejar las condiciones meteorológicas locales, especialmente en términos de precipitaciones. La cantidad y la intensidad de las lluvias, junto con el tiempo de retorno de los eventos de lluvia extrema, determinan la capacidad necesaria del sistema. Según Marsalek y Schreier (2009), en zonas donde se experimentan eventos pluviales intensos, como el fenómeno del Niño, es esencial diseñar sistemas con una capacidad adicional para manejar volúmenes de agua excepcionales.

Importancia de la Capacidad del Sistema en el Diseño

El diseño adecuado de un sistema de drenaje debe asegurar que la capacidad del sistema sea suficiente para manejar tanto los caudales normales como los picos de precipitación que se producen durante eventos climáticos extremos. Esto implica un análisis detallado del caudal de agua esperado en función de los patrones de lluvia históricos y futuros, considerando el crecimiento urbano y los cambios climáticos. La planificación de la capacidad también debe incluir márgenes de seguridad para evitar que el sistema se sature, especialmente en áreas urbanas densamente pobladas, donde las consecuencias de una falla en el drenaje pueden ser graves tanto para la infraestructura como para la salud pública (Butler & Davies, 2011).

Evaluación de la Capacidad del Sistema

Para garantizar que un sistema de drenaje funcione de manera eficiente, es fundamental realizar evaluaciones periódicas de su capacidad. Estas evaluaciones permiten detectar deficiencias y realizar

las modificaciones necesarias para mejorar el sistema. Las inspecciones pueden incluir la revisión de la condición de las tuberías, la capacidad de los sumideros y bocas de tormenta, y el análisis de las pendientes y flujos dentro del sistema. Además, es importante implementar sistemas de monitoreo que alerten a las autoridades sobre posibles sobrecargas o fallos en el sistema antes de que ocurran inundaciones (Mays, 2011).

Las pruebas hidrológicas y los estudios de flujo también son herramientas valiosas para evaluar la capacidad del sistema. Según Chocat et al. (2001), mediante el uso de modelos matemáticos y software especializado, es posible simular diferentes escenarios de precipitación y calcular cómo responderá el sistema de drenaje ante diferentes niveles de caudal. Estos estudios permiten optimizar el diseño y realizar mejoras necesarias para aumentar la capacidad y la eficiencia del sistema.

Relevancia en la Planificación Urbana

En el contexto de la planificación urbana, la capacidad del sistema de drenaje pluvial es un componente esencial para garantizar la sostenibilidad y el bienestar de la población. Un sistema con una capacidad insuficiente puede causar serios problemas, como la acumulación de aguas en calles y avenidas, la destrucción de infraestructura vial, y la propagación de enfermedades debido al estancamiento de agua contaminada. Por tanto, la capacidad del sistema de drenaje debe ser un factor prioritario en el diseño de nuevas urbanizaciones, así como en la renovación de sistemas antiguos (Fletcher et al., 2015).

2.2.2.2. Factores que Afectan la Capacidad del Sistema

La capacidad de un sistema de drenaje pluvial está influenciada por diversos factores, los cuales determinan su eficiencia y efectividad para manejar las precipitaciones y evitar inundaciones en áreas urbanas

o rurales. Estos factores son clave en la planificación y diseño de un sistema de drenaje eficiente, ya que un fallo en cualquiera de ellos puede reducir drásticamente la capacidad del sistema y, por lo tanto, incrementar el riesgo de inundaciones. A continuación, se describen los principales factores que afectan la capacidad del sistema de drenaje pluvial.

1. Diseño Hidráulico del Sistema

El diseño hidráulico del sistema de drenaje es uno de los factores más importantes que afectan su capacidad. Este diseño incluye la disposición de las tuberías, su diámetro y longitud, así como la capacidad de los componentes como los sumideros y alcantarillas para transportar el agua. Según Mays (2011), el diámetro de las tuberías juega un papel fundamental, ya que un mayor diámetro permite evacuar un mayor volumen de agua. Sin embargo, no solo el tamaño importa, sino también el material con el que están hechas las tuberías, ya que los materiales con superficies más rugosas pueden aumentar la fricción y, por tanto, reducir el flujo de agua.

Asimismo, el diseño hidráulico debe considerar la inclinación del terreno y la pendiente de las tuberías, ya que la inclinación favorece o dificulta el flujo de agua dentro del sistema. Pendientes pronunciadas permiten una evacuación más rápida del agua, mientras que pendientes planas o nulas pueden generar acumulaciones de agua y reducir la capacidad del sistema (Butler & Davies, 2011). Un diseño mal concebido que no tome en cuenta estas consideraciones puede llevar a la saturación del sistema durante eventos de lluvia intensa.

2. Características Topográficas del Terreno

El terreno sobre el que se instala el sistema de drenaje es otro factor determinante para su capacidad. En áreas donde el terreno es plano o tiene poca pendiente, el agua se desplaza más lentamente, lo que puede aumentar el riesgo de acumulación y desbordamiento. Por otro lado, en terrenos con pendientes pronunciadas, el agua se desplaza rápidamente, lo que puede generar un flujo más eficiente. Según Hager (2011), las características topográficas no solo afectan la velocidad del flujo de agua, sino también la dirección y el volumen del agua que el sistema debe manejar, especialmente en áreas montañosas o con variaciones abruptas de altitud.

Además, en zonas urbanas donde el terreno está altamente desarrollado, la impermeabilización del suelo a través de pavimentos, edificios y otras infraestructuras impide que el agua se infiltre en el suelo, lo que aumenta el volumen de agua que debe ser gestionado por el sistema de drenaje. Por esta razón, en áreas urbanas con alta densidad de construcciones, es crucial contar con sistemas de drenaje con mayor capacidad para prevenir inundaciones (Marsalek & Schreier, 2009).

3. Condiciones Climáticas y Precipitaciones

Las condiciones climáticas, específicamente la cantidad e intensidad de las precipitaciones, son factores cruciales que afectan la capacidad del sistema de drenaje. Las tormentas intensas y las lluvias prolongadas generan un mayor volumen de agua que el sistema debe evacuar en un corto período de tiempo. En particular, eventos meteorológicos extremos como el fenómeno de El Niño pueden producir lluvias torrenciales que sobrecargan rápidamente

los sistemas de drenaje, causando inundaciones en áreas vulnerables (Freni, Mannina & Viviani, 2010).

Para diseñar un sistema de drenaje con la capacidad adecuada, es necesario tomar en cuenta los datos históricos de precipitaciones y los periodos de retorno de las lluvias más intensas. Los periodos de retorno indican la probabilidad de que ocurra un evento de lluvia extrema dentro de un intervalo de tiempo específico. En muchas ciudades, los sistemas de drenaje están diseñados para manejar tormentas con un periodo de retorno de 25, 50 o incluso 100 años, lo que significa que están preparados para evacuar el volumen de agua generado por una tormenta que tiene una probabilidad de ocurrir una vez cada 25, 50 o 100 años (Linsley, Franzini, Freyberg, & Tchobanoglous, 1992).

4. Mantenimiento del Sistema

El mantenimiento regular del sistema de drenaje es esencial para asegurar que opere a su máxima capacidad. La acumulación de desechos, sedimentos y otros residuos dentro de las tuberías y alcantarillas puede reducir significativamente la capacidad del sistema. Según Marsalek y Schreier (2009), la falta de mantenimiento es una de las principales causas de fallos en los sistemas de drenaje, ya que los residuos bloquean el flujo de agua, causando obstrucciones y sobrecargas. Las actividades de mantenimiento deben incluir la limpieza regular de sumideros y alcantarillas, la inspección de las tuberías para detectar daños o desgaste, y la reparación o sustitución de componentes defectuosos.

Además, un sistema de drenaje que no se mantiene adecuadamente puede experimentar corrosión o deterioro en sus componentes, lo

que también puede reducir su capacidad. Por ejemplo, las tuberías de metal o concreto pueden sufrir desgaste con el tiempo, lo que provoca filtraciones y una menor eficiencia en la conducción del agua. Butler y Davies (2011) enfatizan la importancia de implementar planes de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar que el sistema funcione de manera eficiente incluso durante eventos de precipitación intensa.

5. Crecimiento Urbano y Cambios en el Uso del Suelo

El crecimiento urbano y los cambios en el uso del suelo tienen un impacto directo en la capacidad de los sistemas de drenaje. En áreas en las que la urbanización ha avanzado rápidamente, el aumento de superficies impermeables, como calles y edificios, genera una mayor escorrentía superficial. Esta situación incrementa la cantidad de agua que el sistema de drenaje debe manejar, lo que puede llevar a una saturación del sistema si no se amplía o mejora su capacidad (Fletcher, Andrieu, & Hamel, 2015).

El desarrollo urbano también puede interferir con el diseño original del sistema de drenaje, especialmente si nuevas áreas de la ciudad no están adecuadamente conectadas al sistema de evacuación de aguas pluviales. En estos casos, es fundamental ajustar el diseño del sistema para acomodar el crecimiento y asegurar que se pueda manejar el aumento en el volumen de agua generado.

6. Tecnologías Implementadas

La incorporación de nuevas tecnologías en los sistemas de drenaje pluvial puede aumentar su capacidad y eficiencia. El uso de tecnologías avanzadas, como sensores para el monitoreo del flujo de agua en tiempo real, permite identificar problemas en el sistema de manera oportuna y ajustar el flujo de agua para prevenir

inundaciones. Según Freni et al. (2010), los avances en la modelización de sistemas de drenaje también permiten diseñar sistemas más eficientes que puedan adaptarse a diferentes condiciones meteorológicas y de terreno.

2.2.2.3. Indicadores de Capacidad

Los indicadores de capacidad son parámetros esenciales para evaluar la eficiencia y el rendimiento de los sistemas de drenaje pluvial. Estos indicadores permiten medir de manera cuantitativa el volumen de agua que un sistema puede manejar en condiciones normales o extremas, proporcionando información clave para el diseño, mantenimiento y mejora de los sistemas de drenaje. Entre los indicadores más utilizados se encuentran los litros por segundo (L/s) y el volumen máximo manejado (m^3), los cuales se describen a continuación en detalle.

1. Litros por segundo (L/s)

El indicador de litros por segundo (L/s) es una unidad de medida que se utiliza para cuantificar el caudal o la tasa de flujo de agua en un sistema de drenaje pluvial. Este indicador representa el volumen de agua que pasa por un punto específico del sistema en un segundo, lo que es crucial para entender la capacidad de evacuación del sistema. En términos prácticos, un sistema de drenaje con una mayor tasa de flujo, medida en L/s, será capaz de evacuar un mayor volumen de agua en un tiempo determinado, lo que reduce el riesgo de inundaciones.

El caudal, medido en L/s, es afectado por diversos factores, incluyendo el diámetro de las tuberías, la pendiente del terreno y la velocidad del flujo de agua. Según Butler y Davies (2011), una correcta evaluación del caudal en litros por segundo es esencial para

garantizar que el sistema pueda manejar tanto eventos de lluvias moderadas como intensas. Este indicador es particularmente importante en áreas urbanas donde la escorrentía es mayor debido a la alta proporción de superficies impermeables, como calles y edificios.

En el diseño de sistemas de drenaje pluvial, los ingenieros utilizan modelos hidrológicos y herramientas de simulación para calcular el caudal en litros por segundo bajo diferentes condiciones de precipitación. Estos modelos permiten prever cómo responderá el sistema durante tormentas o lluvias prolongadas y, en función de ello, diseñar un sistema que pueda manejar los caudales máximos esperados. De acuerdo con Mays (2011), es fundamental prever un margen de seguridad en el diseño para evitar que el sistema se sature durante eventos de precipitación extrema, como los causados por fenómenos climáticos como El Niño.

2. Volumen máximo manejado (m^3)

El volumen máximo manejado, medido en metros cúbicos (m^3), es otro indicador fundamental que describe la cantidad total de agua que un sistema de drenaje pluvial puede manejar antes de que se produzcan desbordamientos o inundaciones. Este indicador se refiere a la capacidad acumulativa del sistema para contener y transportar el agua de lluvia desde las áreas urbanas hacia los cuerpos de agua receptores o instalaciones de almacenamiento, evitando la acumulación de agua en la superficie.

El volumen máximo que puede manejar un sistema de drenaje depende de múltiples factores, entre ellos el tamaño y número de las tuberías, la capacidad de los sumideros y alcantarillas, y la disponibilidad de sistemas de retención o almacenamiento temporal,

como estanques de retención. Según Marsalek y Schreier (2009), los sistemas de retención juegan un papel importante en áreas donde las precipitaciones son frecuentes e intensas, ya que ayudan a aliviar la presión sobre el sistema de tuberías principal, almacenando temporalmente grandes volúmenes de agua y liberándola de manera controlada.

La capacidad de un sistema para manejar el volumen máximo de agua pluvial se evalúa también en función del periodo de retorno de las precipitaciones. El periodo de retorno es la probabilidad de que ocurra un evento de lluvia extrema en un determinado intervalo de tiempo. Por ejemplo, un sistema de drenaje diseñado para un periodo de retorno de 25 años está preparado para manejar el volumen de agua generado por una tormenta que tiene una probabilidad de ocurrir una vez cada 25 años. Según Linsley, Franzini, Freyberg y Tchobanoglous (1992), el diseño basado en periodos de retorno es crucial para garantizar que el sistema pueda manejar los volúmenes máximos de agua generados por eventos de precipitación infrecuentes pero severos.

El volumen máximo manejado también es un indicador útil para la planificación urbana, ya que permite a los ingenieros y planificadores anticipar los efectos del crecimiento de la ciudad y los cambios en el uso del suelo sobre el sistema de drenaje. A medida que aumenta la urbanización, las superficies impermeables incrementan la escorrentía, lo que puede exceder rápidamente la capacidad del sistema si no se realizan las mejoras necesarias. En este sentido, la evaluación periódica del volumen máximo manejado por el sistema es esencial para asegurar que el drenaje pluvial siga siendo efectivo a lo largo del tiempo (Freni, Mannina & Viviani, 2010).

3. Relación entre Litros por Segundo y Volumen Máximo Manejado

Aunque los indicadores de litros por segundo y volumen máximo manejado se refieren a diferentes aspectos de la capacidad del sistema de drenaje, ambos están interrelacionados. Mientras que los litros por segundo describen la tasa de flujo en un momento dado, el volumen máximo manejado se refiere a la cantidad total de agua que el sistema puede evacuar o almacenar a lo largo de un evento de lluvia. Ambos indicadores son esenciales para evaluar la eficiencia del sistema, ya que un sistema con un alto caudal (L/s) puede ser ineficiente si no tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes acumulados de agua (m³) durante tormentas prolongadas.

Según Hager (2011), para lograr un sistema de drenaje equilibrado, es necesario diseñar tanto la capacidad de evacuación de caudales instantáneos como la capacidad de almacenamiento de grandes volúmenes de agua. Esto es particularmente importante en áreas urbanas donde las lluvias intensas pueden generar grandes volúmenes de escorrentía en un corto período de tiempo, superando la capacidad de los sistemas de drenaje si no están adecuadamente dimensionados.

2.2.3. Mejoras Estructurales en el Sistema de Drenaje

El sistema de drenaje pluvial es una infraestructura vital para el manejo de las aguas superficiales y la prevención de inundaciones en áreas urbanas y rurales. Con el tiempo, las condiciones meteorológicas, el crecimiento urbano y la degradación de las estructuras existentes pueden afectar su capacidad de funcionamiento, lo que requiere mejoras estructurales. Estas mejoras son modificaciones físicas realizadas en el sistema para aumentar su capacidad, eficiencia y sostenibilidad a largo plazo. A continuación, se aborda en detalle la

definición de las mejoras estructurales, los tipos comunes de mejoras y el impacto de estas en el desempeño del sistema de drenaje.

2.2.3.1. Definición de Mejoras Estructurales

Las mejoras estructurales en un sistema de drenaje pluvial se refieren a los cambios físicos y modificaciones realizadas en la infraestructura existente con el fin de optimizar su capacidad de manejo del agua pluvial. Según Butler y Davies (2011), estas mejoras implican la modificación, reparación, reemplazo o ampliación de componentes clave del sistema, como tuberías, sumideros, alcantarillas, estanques de retención y otras instalaciones destinadas a evacuar o almacenar agua de manera eficiente. En muchos casos, las mejoras estructurales son necesarias debido al desgaste natural de los materiales, el aumento en la cantidad de esorrentía causado por la urbanización, o la mayor frecuencia e intensidad de eventos de lluvias debido al cambio climático.

Las mejoras estructurales también pueden incluir la implementación de tecnologías más avanzadas, como sistemas de monitoreo en tiempo real, sistemas de bombeo y barreras físicas para controlar la inundación. Estas modificaciones no solo buscan restaurar la capacidad original del sistema, sino también anticiparse a futuras demandas que podrían sobrecargar el sistema en su estado actual.

Una mejora estructural adecuada requiere de una planificación y evaluación rigurosas para identificar las debilidades actuales del sistema y priorizar las áreas que necesitan intervención. De acuerdo con Marsalek y Schreier (2009), las mejoras deben estar basadas en datos hidrológicos, proyecciones de crecimiento urbano y las condiciones del sistema existente, con el objetivo de maximizar su eficiencia y prolongar su vida útil.

Modificación y Ampliación de Infraestructura Física

La modificación y ampliación de la infraestructura física son los métodos más comunes de mejora estructural. Estos procesos incluyen la sustitución de componentes obsoletos o desgastados, la instalación de nuevas tuberías con mayor capacidad, la ampliación de alcantarillas y sumideros, y la construcción de estanques de retención o zonas de infiltración. Estos cambios permiten que el sistema maneje mayores volúmenes de agua y reduzca el riesgo de fallos estructurales. Como mencionan Freni, Mannina y Viviani (2010), las mejoras estructurales son clave para enfrentar desafíos actuales y futuros relacionados con el cambio climático, que ha incrementado la frecuencia y magnitud de eventos de lluvia extrema.

2.2.3.2. Tipos de Mejoras Estructurales

Las mejoras estructurales en los sistemas de drenaje pluvial pueden variar dependiendo de las necesidades específicas de la infraestructura existente y de las condiciones climáticas y geográficas del área en cuestión. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de mejoras estructurales implementadas en los sistemas de drenaje pluvial.

Nuevas Tuberías

Una de las mejoras más importantes y comunes es la instalación de nuevas tuberías o la sustitución de las existentes que ya no son capaces de manejar el flujo de agua debido a su antigüedad o insuficiente capacidad. Las nuevas tuberías se diseñan generalmente con mayor diámetro y están hechas de materiales más duraderos, como el PVC o el acero galvanizado, que ofrecen menor resistencia al flujo y una vida útil prolongada. Según Mays (2011), la instalación de nuevas tuberías aumenta la capacidad del sistema para evacuar agua de manera

más eficiente, reduciendo el riesgo de sobrecarga y la acumulación de agua en las superficies.

Nuevos Desagües y Sumideros

La instalación de nuevos desagües y sumideros es otra mejora estructural clave. Los desagües y sumideros son puntos críticos en el sistema de drenaje, ya que son responsables de recolectar el agua superficial y dirigirla hacia las tuberías subterráneas. La falta de capacidad en los desagües puede resultar en inundaciones locales, especialmente en áreas urbanas donde la escorrentía es mayor debido a la impermeabilización del suelo. Freni et al. (2010) señalan que la adición de sumideros en puntos estratégicos puede mejorar significativamente la eficiencia del sistema de drenaje al permitir una evacuación más rápida del agua.

Componentes Adicionales

Otras mejoras estructurales pueden incluir la construcción de nuevos componentes, como estanques de retención, cámaras de sedimentación, o áreas de infiltración que permiten retener o almacenar temporalmente el agua, evitando que el sistema se sobrecargue durante eventos de lluvia intensa. Según Marsalek y Schreier (2009), la incorporación de estas soluciones no solo mejora la capacidad de almacenamiento del sistema, sino que también ayuda a reducir la carga sobre las tuberías y minimizar los riesgos de inundación en áreas vulnerables.

2.2.3.3. Impacto de las Mejoras Estructurales

Las mejoras estructurales en el sistema de drenaje pluvial pueden tener un impacto significativo en su capacidad y eficiencia. Estas modificaciones permiten que el sistema maneje mayores volúmenes de

agua de lluvia y mejore la calidad de vida en las áreas urbanas al reducir el riesgo de inundaciones y proteger la infraestructura local.

Aumento en la Capacidad y Eficiencia del Sistema

El principal impacto de las mejoras estructurales es el aumento en la capacidad del sistema para manejar caudales más elevados de agua durante eventos de lluvia intensa. Como se mencionó anteriormente, las nuevas tuberías de mayor diámetro y los sumideros adicionales permiten que el agua se evacue de manera más rápida y eficiente, reduciendo las posibilidades de que las calles se inunden. Butler y Davies (2011) explican que este tipo de mejoras son esenciales para asegurar la sostenibilidad del sistema a largo plazo, especialmente en áreas urbanas donde el desarrollo continuo genera mayor escorrentía superficial.

Indicadores: Número de Componentes Nuevos y Estado de la Infraestructura

El éxito de las mejoras estructurales puede medirse a través de diversos indicadores, como el número de componentes nuevos instalados (tuberías, sumideros, desagües) y el estado de la infraestructura tras las mejoras. Estos indicadores permiten evaluar el impacto directo de las intervenciones en la capacidad del sistema y en su rendimiento operativo. Un aumento en el número de componentes nuevos o reemplazados generalmente se asocia con una mayor capacidad de almacenamiento y evacuación de agua, mientras que un mejor estado de la infraestructura implica un menor riesgo de fallos durante eventos extremos.

Adicionalmente, el mantenimiento regular tras las mejoras estructurales juega un papel crucial para asegurar que el sistema funcione a plena capacidad. Marsalek y Schreier (2009) sugieren que la

implementación de programas de mantenimiento preventivo y monitoreo continuo es esencial para mantener el estado óptimo de la infraestructura y garantizar que las mejoras estructurales ofrezcan los beneficios esperados a largo plazo.

2.2.4. Mejoras No Estructurales en el Sistema de Drenaje

2.2.4.1. Definición de Mejoras No Estructurales

Las mejoras no estructurales en los sistemas de drenaje pluvial son intervenciones que no involucran la modificación física o directa de la infraestructura, sino que se centran en la implementación de tecnologías avanzadas y prácticas de gestión que optimizan el funcionamiento del sistema. Estas mejoras buscan maximizar la eficiencia del sistema existente a través de métodos de gestión sostenibles, herramientas tecnológicas, regulaciones, y estrategias educativas sin alterar la estructura física. Según Mays (2011), estas intervenciones son esenciales para manejar de manera más efectiva el drenaje de aguas pluviales y mitigar los impactos de las inundaciones urbanas.

Implementación de Tecnologías y Prácticas de Gestión

Las mejoras no estructurales se centran en la aplicación de tecnologías innovadoras y en la adopción de mejores prácticas de gestión que permitan optimizar el desempeño del sistema sin requerir grandes inversiones en infraestructura. Estas estrategias incluyen el uso de sistemas de información geográfica (SIG) para mapear áreas vulnerables a las inundaciones, sistemas de monitoreo en tiempo real para predecir y gestionar eventos de lluvia extrema, y la adopción de planes de gestión de cuencas integradas para reducir la escorrentía urbana (Wheater & Evans, 2009).

Por ejemplo, los sistemas de alerta temprana y monitoreo meteorológico son tecnologías clave en las mejoras no estructurales. Estas herramientas permiten predecir y gestionar inundaciones de manera proactiva al proporcionar datos en tiempo real sobre las condiciones meteorológicas y los caudales de agua en las cuencas urbanas. La implementación de estas tecnologías ayuda a evitar que las inundaciones se conviertan en problemas graves, ya que proporcionan a los gestores del sistema la información necesaria para tomar decisiones informadas sobre cómo y cuándo desplegar medidas preventivas o correctivas.

Además de las tecnologías, las prácticas de gestión que se integran como mejoras no estructurales incluyen la planificación urbana sostenible, la promoción de prácticas de desarrollo de bajo impacto (LID, por sus siglas en inglés) y la gestión de cuencas. De acuerdo con Novotny (2009), estas prácticas buscan reducir la escorrentía urbana y mejorar la calidad del agua al limitar la impermeabilización de suelos y fomentar el uso de áreas verdes y superficies permeables que permitan la infiltración del agua.

Estrategias Regulatorias y Educativas

Las mejoras no estructurales también pueden tomar la forma de estrategias regulatorias y programas educativos. Las regulaciones locales pueden exigir la adopción de tecnologías más eficientes y sostenibles, como la instalación de sistemas de recolección de agua de lluvia en nuevas construcciones o la implementación de zonas de amortiguamiento alrededor de cuerpos de agua para reducir la contaminación de escorrentía. Al mismo tiempo, los programas educativos dirigidos a la población pueden aumentar la conciencia sobre la importancia del manejo del agua pluvial, incentivando la participación

comunitaria en el mantenimiento de los sistemas de drenaje (Marsalek & Schreier, 2009).

2.2.4.2. Prácticas de Gestión para el Mantenimiento del Drenaje

El mantenimiento eficiente de los sistemas de drenaje pluvial es fundamental para garantizar su operación continua y evitar fallas durante eventos de precipitación. Las prácticas de gestión para el mantenimiento del drenaje se refieren a las estrategias y enfoques que los gestores de sistemas hídricos adoptan para optimizar el rendimiento, prolongar la vida útil de la infraestructura y minimizar los riesgos asociados con las inundaciones. Estas prácticas incluyen estrategias de gestión de riesgos, la optimización de los recursos disponibles y la adopción de tecnologías innovadoras que permitan un mantenimiento preventivo y correctivo eficaz.

Estrategias de Gestión de Riesgo y Optimización de Recursos

Las estrategias de gestión de riesgo en el mantenimiento del drenaje pluvial buscan identificar, evaluar y mitigar posibles amenazas que puedan comprometer el funcionamiento del sistema. Estas estrategias suelen basarse en la evaluación de la vulnerabilidad de la infraestructura y la frecuencia con que ocurren eventos de precipitación extrema, como las tormentas. Según Boix et al. (2014), la gestión proactiva del riesgo implica monitorear de manera constante las condiciones del sistema y prever posibles fallas antes de que se materialicen, lo que permite la implementación de medidas correctivas de manera anticipada.

Una estrategia eficaz es la creación de planes de mantenimiento preventivo y correctivo. El mantenimiento preventivo se enfoca en la inspección y limpieza periódica de componentes críticos como las

tuberías y los desagües, con el fin de evitar obstrucciones y mantener el flujo adecuado del agua pluvial. Por otro lado, el mantenimiento correctivo se aplica cuando ya ha ocurrido una falla o deterioro en algún componente, como fisuras en las tuberías o desbordamientos en los pozos de registro. El equilibrio entre ambos enfoques es crucial para mantener el sistema funcionando de manera eficiente y con el menor impacto económico posible (Leopold, 2011).

La optimización de recursos es otro aspecto clave en las prácticas de gestión del mantenimiento. Esta optimización implica la asignación adecuada de los recursos financieros, humanos y tecnológicos para maximizar la eficacia de las actividades de mantenimiento. Por ejemplo, la implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real, que emplean sensores para detectar caudales elevados o fallas en el sistema, puede reducir significativamente los costos de mantenimiento al alertar a los gestores sobre posibles problemas antes de que se conviertan en emergencias (United States Environmental Protection Agency [EPA], 2017). De esta manera, los recursos se utilizan de manera más eficiente y las intervenciones pueden planificarse de forma más estratégica.

Adopción de Tecnologías y Prácticas

La adopción de tecnologías innovadoras es un aspecto fundamental para optimizar el mantenimiento del sistema de drenaje pluvial. Hoy en día, el uso de tecnologías como los sistemas de información geográfica (SIG), las plataformas de gestión de datos y los sistemas de monitoreo de caudales en tiempo real permite a los gestores identificar problemas antes de que causen un mayor impacto. Los SIG, por ejemplo, permiten mapear las áreas más propensas a sufrir inundaciones y monitorear el estado de las infraestructuras en tiempo

real, lo que facilita la toma de decisiones más informadas sobre dónde y cuándo intervenir (Marsalek et al., 2006).

Otra tecnología emergente en la gestión del drenaje pluvial es el uso de software de modelado hidrológico e hidráulico, como el SWMM (Storm Water Management Model), que permite simular el comportamiento del sistema de drenaje bajo diferentes condiciones de precipitación. Esta herramienta no solo es útil para el diseño de nuevos sistemas, sino que también juega un papel importante en la planificación del mantenimiento al predecir cómo diferentes escenarios de lluvias pueden afectar la infraestructura existente (Huber & Dickinson, 2012).

En cuanto a las prácticas de gestión, el enfoque hacia la sostenibilidad y la participación comunitaria también se está integrando cada vez más en los programas de mantenimiento de drenaje. La gestión sostenible implica utilizar prácticas de desarrollo de bajo impacto (LID, por sus siglas en inglés), como la implementación de superficies permeables y áreas verdes, que ayudan a reducir la cantidad de escorrentía que llega al sistema de drenaje. Estas prácticas no solo alivian la carga del sistema, sino que también mejoran la calidad del agua y promueven una mayor infiltración (Novotny, 2009).

Indicadores de Eficacia

Para medir el éxito de las prácticas de gestión en el mantenimiento del drenaje pluvial, se emplean diversos indicadores. Uno de los principales indicadores es la adopción de tecnologías y prácticas de gestión innovadoras. Según Wheeler y Evans (2009), el nivel de adopción de tecnologías, como el monitoreo en tiempo real y los sistemas de modelado hidráulico, puede medirse por la cantidad de tecnologías implementadas y su grado de integración en el sistema de mantenimiento diario. Otro indicador importante es la frecuencia con que

se llevan a cabo actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, ya que una mayor frecuencia puede estar directamente relacionada con una menor incidencia de fallas en el sistema.

Asimismo, la reducción en la frecuencia y gravedad de las inundaciones puede ser un indicador clave de la efectividad de las prácticas de gestión. Si el sistema de drenaje pluvial se mantiene de manera adecuada, debería observarse una disminución en la cantidad de eventos de inundación y en la magnitud de los daños causados por estos eventos.

2.2.5. Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

2.2.5.1. Importancia del Mantenimiento en Sistemas de Drenaje

El mantenimiento adecuado de los sistemas de drenaje pluvial es crucial para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. Este proceso incluye un conjunto de actividades planificadas que tienen como objetivo prevenir fallas, corregir problemas existentes y optimizar el rendimiento del sistema. La falta de mantenimiento adecuado puede derivar en inundaciones, daños estructurales y un aumento en los costos de reparación, lo que subraya la importancia de las estrategias de mantenimiento tanto preventivas como correctivas.

Prevención de Fallos

Una de las principales razones por las que el mantenimiento es vital en los sistemas de drenaje es la prevención de fallos. Los sistemas de drenaje están expuestos a diversas condiciones ambientales y de uso, como la acumulación de sedimentos, residuos y otros desechos que pueden obstruir las tuberías y reducir la capacidad del sistema para evacuar el agua pluvial (Villarreal et al., 2012). Las obstrucciones en las tuberías pueden generar desbordamientos y causar inundaciones que afectan tanto a la infraestructura urbana como a las comunidades

cercanas. Según Wheeler y Evans (2009), las actividades de mantenimiento regular, como la limpieza de las tuberías y desagües, permiten mantener la capacidad del sistema y prevenir estas fallas críticas.

El mantenimiento preventivo, en particular, se enfoca en inspeccionar periódicamente las condiciones de los componentes del sistema, como las alcantarillas, pozos de registro y colectores pluviales, para detectar posibles problemas antes de que ocurran fallos graves. La prevención es siempre más rentable que las reparaciones emergentes, ya que evita el deterioro acelerado de los componentes del sistema y minimiza la necesidad de reparaciones costosas (Boix et al., 2014). De esta manera, el mantenimiento preventivo no solo mejora la eficiencia operativa del sistema, sino que también reduce los costos operativos a largo plazo.

Prolongación de la Vida Útil del Sistema

Además de prevenir fallos, el mantenimiento adecuado de los sistemas de drenaje contribuye a prolongar la vida útil de la infraestructura. Los componentes físicos del sistema, como las tuberías y los desagües, están sujetos a desgaste con el tiempo debido a la exposición constante a las aguas pluviales, los contaminantes y las variaciones en las condiciones ambientales. El mantenimiento correctivo, que implica la reparación o reemplazo de componentes dañados o desgastados, es fundamental para garantizar que el sistema continúe funcionando de manera óptima durante su vida útil esperada (Schmitt & Thomas, 2011).

Según Rodríguez et al. (2016), la falta de un mantenimiento adecuado puede acortar significativamente la vida útil del sistema de drenaje. Por ejemplo, una tubería que no se limpia regularmente puede

sufrir corrosión interna debido a la acumulación de residuos, lo que eventualmente llevará a su ruptura. Esta falla estructural podría requerir la sustitución completa de la tubería, lo que representaría un costo mucho mayor que la inversión en actividades de mantenimiento preventivo y correctivo.

Asimismo, la prolongación de la vida útil del sistema tiene implicaciones económicas y sociales importantes. Desde una perspectiva económica, un sistema de drenaje que se mantenga adecuadamente puede evitar la necesidad de realizar costosas reconstrucciones o rehabilitaciones prematuras. Desde el punto de vista social, un sistema que funcione eficientemente reduce el riesgo de inundaciones, lo que protege a las comunidades urbanas y mejora su calidad de vida al evitar daños a la propiedad y a la infraestructura pública (EPA, 2017).

2.2.5.2. Estrategias de Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo es una estrategia esencial para asegurar el funcionamiento óptimo de los sistemas de drenaje pluvial y prevenir posibles fallas antes de que se conviertan en problemas críticos. Este enfoque se centra en realizar inspecciones regulares, limpiezas, y reparaciones planificadas para evitar que el sistema se deteriore y se vuelva ineficaz. Implementar estrategias de mantenimiento preventivo en los sistemas de drenaje puede ahorrar costos a largo plazo, al reducir la necesidad de reparaciones emergentes y alargar la vida útil de la infraestructura (Boix, 2014).

Inspecciones y Monitoreo Regular

Una de las estrategias clave dentro del mantenimiento preventivo es la inspección regular de todos los componentes del sistema de drenaje pluvial. Estas inspecciones incluyen la revisión de las

tuberías, alcantarillas, sumideros y pozos de registro para identificar signos de desgaste, acumulación de sedimentos o posibles obstrucciones que podrían impedir el flujo adecuado del agua pluvial. Según Rodríguez y Sánchez (2015), las inspecciones periódicas permiten detectar pequeños problemas antes de que se conviertan en fallas mayores, como fisuras en las tuberías o desbordamientos en las alcantarillas, que podrían provocar inundaciones en áreas urbanas.

El monitoreo continuo del sistema de drenaje también es fundamental. Con el avance de la tecnología, hoy en día se pueden implementar sensores que registran el nivel de agua y el flujo dentro de las tuberías en tiempo real, lo que permite a los equipos de mantenimiento identificar rápidamente posibles anomalías. Según Schmitt y Thomas (2013), el monitoreo constante reduce el riesgo de fallos repentinos, ya que permite tomar decisiones proactivas para corregir problemas antes de que afecten la capacidad operativa del sistema.

Limpieza Programada de Componentes

Otra estrategia fundamental en el mantenimiento preventivo es la limpieza regular de los componentes del sistema de drenaje, especialmente las tuberías, alcantarillas y sumideros. Estos elementos tienden a acumular sedimentos, hojas, residuos sólidos y otros desechos, lo que puede causar obstrucciones y reducir la capacidad del sistema para drenar el agua eficientemente. Villarreal et al. (2012) afirman que la limpieza programada es una de las actividades de mantenimiento más efectivas para prevenir inundaciones en áreas urbanas, ya que asegura que el sistema funcione con su capacidad plena.

En ciudades donde las precipitaciones son intensas o frecuentes, la acumulación de residuos en los sistemas de drenaje puede ser particularmente problemática. Según Boix (2014), el uso de equipos especializados, como camiones de succión y dispositivos de limpieza a alta presión, puede facilitar la eliminación de sedimentos y otros materiales que puedan causar bloqueos. La programación de limpiezas preventivas, especialmente antes de la temporada de lluvias, es una práctica recomendada para evitar desbordamientos y colapsos en el sistema.

Mantenimiento de Componentes Estructurales

El mantenimiento preventivo también incluye la revisión y el cuidado de los componentes estructurales del sistema de drenaje. Estos incluyen tuberías, pozos de registro, alcantarillas y otros elementos que forman parte de la infraestructura física del sistema. Si bien la inspección visual puede ayudar a identificar signos externos de desgaste, es necesario también realizar pruebas técnicas para evaluar el estado interno de las tuberías, como pruebas de presión y de flujo. Según Wheeler y Evans (2012), realizar este tipo de evaluaciones de manera periódica es clave para detectar fisuras o desgastes que podrían comprometer la integridad del sistema y causar fugas o colapsos estructurales.

En muchos casos, la reparación o sustitución de componentes estructurales dañados debe realizarse antes de que el problema empeore. Por ejemplo, si una tubería muestra signos de corrosión, debe ser reemplazada antes de que la corrosión progrese hasta un punto donde el sistema colapse. La planificación de estas reparaciones preventivas asegura que el sistema de drenaje continúe operando de

manera eficiente y minimiza la posibilidad de interrupciones en su funcionamiento (Rodríguez et al., 2016).

Planificación y Priorización de Actividades

Un componente importante del mantenimiento preventivo es la planificación y priorización de actividades. Dado que los sistemas de drenaje pluvial son complejos y abarcan amplias áreas urbanas, es fundamental contar con un plan detallado que especifique cuándo y cómo se realizarán las inspecciones, limpiezas y reparaciones. La creación de un calendario de mantenimiento que identifique las áreas más propensas a problemas o las que han experimentado fallas en el pasado es esencial para optimizar el uso de los recursos disponibles (EPA, 2017).

La priorización de actividades de mantenimiento preventivo también debe basarse en la evaluación del riesgo. Según Schmitt y Thomas (2013), las áreas más críticas, como aquellas que experimentan mayor acumulación de agua o las que presentan un mayor riesgo de inundación, deben recibir atención prioritaria en las actividades de mantenimiento. De esta manera, se pueden prevenir fallas importantes en las áreas más vulnerables, asegurando que el sistema funcione de manera confiable durante todo el año.

2.2.5.3. Mantenimiento Correctivo

El **mantenimiento correctivo** es una estrategia que se implementa cuando los componentes de un sistema de drenaje pluvial han fallado o presentan daños que requieren intervención inmediata. A diferencia del mantenimiento preventivo, que busca anticiparse a los problemas, el mantenimiento correctivo se realiza cuando las fallas ya han ocurrido, y es necesario repararlas o sustituir los componentes dañados para restaurar el funcionamiento óptimo del sistema. Este tipo de mantenimiento es crucial para evitar que los daños se extiendan y

comprometan el rendimiento global de la infraestructura (Rodríguez & Sánchez, 2015).

Reparación de Componentes Dañados

El mantenimiento correctivo incluye diversas acciones orientadas a reparar los componentes que han sufrido fallas. Estos componentes pueden ser tuberías, desagües, sumideros, alcantarillas o pozos de registro que, por diferentes razones, han experimentado deterioro. Según Boix (2014), las principales causas de daños en los sistemas de drenaje pluvial son la corrosión de tuberías, la acumulación de sedimentos o escombros que generan obstrucciones, y los efectos del desgaste por el paso del tiempo o por eventos climáticos extremos.

Un ejemplo común de mantenimiento correctivo es la reparación de tuberías fisuradas o desgastadas, que puede implicar el uso de tecnologías como revestimientos interiores (liners) o la sustitución parcial de la tubería. Estos procesos permiten restaurar la integridad estructural del sistema sin necesidad de reemplazar completamente los componentes, lo que puede resultar más económico y menos invasivo en áreas urbanas densamente pobladas. Sin embargo, si el daño es muy extenso, se hace necesario sustituir la tubería afectada, lo que implica obras de mayor envergadura (Wheater & Evans, 2012).

Sustitución de Componentes Dañados

En algunos casos, el daño en los componentes del sistema de drenaje es tan severo que no es posible reparar el problema mediante intervenciones menores, por lo que se requiere la sustitución completa del componente afectado. Esto puede incluir la instalación de nuevas tuberías, el reemplazo de alcantarillas o la construcción de nuevos pozos de registro. La sustitución de componentes dañados es una medida correctiva más invasiva y costosa que las reparaciones, pero es esencial

cuando el desgaste es irreversible o cuando las piezas originales han llegado al final de su vida útil.

La frecuencia con la que se deben realizar las sustituciones depende del tipo de material utilizado en la construcción del sistema de drenaje y de las condiciones locales. Según Schmitt y Thomas (2013), los sistemas de drenaje contruidos con materiales de baja calidad tienden a requerir un mayor nivel de mantenimiento correctivo debido a su menor durabilidad. Además, los factores ambientales, como la exposición a contaminantes o el impacto de lluvias intensas, pueden acelerar el proceso de deterioro de la infraestructura, lo que incrementa la necesidad de sustituir componentes con mayor frecuencia.

Indicadores de Mantenimiento Correctivo

El éxito del mantenimiento correctivo se mide mediante una serie de indicadores que permiten evaluar la efectividad de las intervenciones. Uno de los principales indicadores es el número de inspecciones realizadas antes y después de la reparación o sustitución de los componentes. Las inspecciones son esenciales para identificar las áreas problemáticas y para verificar que el mantenimiento correctivo ha sido exitoso. Según Villarreal et al. (2012), la frecuencia de las inspecciones también juega un papel crucial, ya que permite detectar posibles fallas antes de que se conviertan en problemas mayores.

Otro indicador importante es la frecuencia del mantenimiento correctivo, es decir, cuántas veces se requiere intervenir en un mismo punto del sistema de drenaje. Si un componente específico necesita reparaciones repetitivas, esto podría indicar un diseño deficiente o materiales inadecuados. Por lo tanto, la frecuencia de las intervenciones correctivas es un indicador clave del estado general de la infraestructura. Un alto número de intervenciones correctivas en un corto período sugiere

la necesidad de una revisión más exhaustiva del sistema para determinar si las mejoras estructurales o no estructurales pueden resolver los problemas de manera más eficaz (EPA, 2017).

2.2.6. Estrategias de Participación Comunitaria

2.2.6.1. Participación de la Comunidad en el Mantenimiento de Sistemas de Drenaje

La **participación comunitaria** en el mantenimiento de los sistemas de drenaje pluvial juega un papel crucial en la sostenibilidad y eficiencia de estos sistemas. Involucrar a la comunidad no solo mejora la efectividad de las infraestructuras, sino que también contribuye a la prevención de problemas como inundaciones y obstrucciones, al fomentar la responsabilidad y la conciencia colectiva sobre la importancia del mantenimiento regular. Según estudios realizados por el Banco Mundial (2015), la participación activa de la comunidad en la gestión de los recursos hídricos y las infraestructuras urbanas, como los sistemas de drenaje, aumenta la resiliencia ante eventos climáticos extremos y disminuye los costos asociados con el mantenimiento correctivo.

Beneficios de la Educación y Concienciación Comunitaria

La **educación comunitaria** es uno de los pilares fundamentales para garantizar una participación efectiva en el mantenimiento de los sistemas de drenaje. Las campañas de concienciación permiten que los residentes comprendan el impacto que su comportamiento cotidiano tiene sobre la eficiencia del drenaje pluvial. Por ejemplo, prácticas como no tirar basura en las calles o mantener limpias las alcantarillas pueden parecer acciones menores, pero tienen un efecto significativo en la prevención de bloqueos y en la reducción de inundaciones urbanas (Gómez & López, 2016). Cuando la comunidad está bien informada, es

más probable que adopte prácticas responsables que contribuyan a mantener los sistemas de drenaje en óptimas condiciones.

Los **beneficios** de educar a la comunidad sobre el mantenimiento de los sistemas de drenaje son múltiples. En primer lugar, ayuda a **reducir los costos** de mantenimiento al evitar problemas antes de que se conviertan en fallos críticos que requieran intervenciones correctivas mayores. En segundo lugar, la concienciación de los residentes acerca de las consecuencias de las malas prácticas, como arrojar desechos en los desagües, mejora la **calidad de vida** en las áreas urbanas al disminuir la incidencia de inundaciones que pueden causar daños a la propiedad y afectar la salud pública (McGhee, 2012). Además, un enfoque proactivo hacia el mantenimiento colectivo fomenta una mayor cohesión social y un sentido de **propiedad compartida** sobre los bienes públicos.

Programas de Participación Comunitaria

Diversos municipios alrededor del mundo han implementado **programas de participación comunitaria** enfocados en el mantenimiento de los sistemas de drenaje, los cuales han demostrado ser eficaces. Estos programas incluyen actividades como la organización de jornadas de limpieza de calles y alcantarillas, la promoción de la separación de residuos sólidos, y la creación de comités vecinales encargados de supervisar el estado del sistema de drenaje local (UNESCO, 2018). Dichos comités funcionan como intermediarios entre los residentes y las autoridades municipales, asegurando que se reporten y atiendan oportunamente cualquier daño o bloqueo que pueda comprometer el funcionamiento del sistema.

En cuanto a la **educación formal**, varias ciudades han incorporado programas de sensibilización ambiental en las escuelas,

para inculcar en las nuevas generaciones la importancia del cuidado del entorno urbano y del sistema de drenaje pluvial. De acuerdo con Krchnak (2016), la **educación temprana** en temas de gestión del agua es clave para el desarrollo de comportamientos responsables que perduren a lo largo de la vida, promoviendo la creación de sociedades más conscientes y comprometidas con el medio ambiente.

Resultados de la Participación Comunitaria

Los resultados positivos de la **participación comunitaria** en el mantenimiento de los sistemas de drenaje se reflejan tanto en la **reducción de fallos** en la infraestructura como en la mejora de la **calidad de vida** en las zonas urbanas. Un estudio realizado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2017) reveló que las comunidades con programas de educación y participación ciudadana experimentaron una reducción significativa en la frecuencia y severidad de las inundaciones. Además, los costos relacionados con la reparación de infraestructuras dañadas disminuyeron en aproximadamente un 30% debido a la adopción de prácticas preventivas por parte de la población.

Por otro lado, la participación de la comunidad también contribuye a la creación de una **cultura de sostenibilidad**, donde los ciudadanos entienden que el bienestar del entorno urbano depende no solo de las acciones gubernamentales, sino también de la **responsabilidad colectiva**. Este enfoque colaborativo refuerza el tejido social y promueve el desarrollo de soluciones innovadoras que pueden ser escaladas a nivel regional o nacional.

2.2.6.2. Programas Educativos para la Gestión de Inundaciones

Los **programas educativos** desempeñan un papel fundamental en la gestión de inundaciones, ya que buscan informar y capacitar a las

comunidades sobre los riesgos asociados a estos eventos y las estrategias para mitigarlos. La educación sobre la gestión de inundaciones no solo proporciona a los ciudadanos el conocimiento necesario para responder eficazmente ante emergencias, sino que también promueve una cultura de prevención y resiliencia. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2018), la educación es un componente esencial para el desarrollo de comunidades resilientes, especialmente en contextos urbanos donde el riesgo de inundaciones es elevado.

Contenido de los Programas Educativos

Los programas educativos pueden incluir una variedad de **temas** que van desde la comprensión de los sistemas de drenaje y su funcionamiento, hasta la identificación de las causas de las inundaciones y las acciones preventivas que pueden tomar los ciudadanos. Por ejemplo, se pueden realizar talleres y charlas sobre la importancia de mantener limpias las alcantarillas y desagües, así como sobre el manejo adecuado de residuos sólidos para evitar bloqueos en los sistemas de drenaje (Davis & McAlister, 2020). También se pueden organizar simulacros de evacuación y emergencias para preparar a la comunidad ante situaciones de inundación, asegurando que los ciudadanos conozcan las rutas de escape y los procedimientos de seguridad.

La **metodología** utilizada en estos programas debe ser interactiva y adaptada a las necesidades de la comunidad, utilizando herramientas como materiales visuales, juegos educativos y actividades prácticas que fomenten la participación activa de los asistentes. Esto es particularmente importante en comunidades donde el acceso a la educación formal es limitado o donde la desinformación puede ser un problema significativo. De acuerdo con el estudio de CEDHA (2019), la

implementación de programas educativos en comunidades vulnerables ha demostrado aumentar significativamente la conciencia sobre los riesgos de inundación y las medidas de mitigación.

Evaluación de Programas

Para medir la efectividad de los programas educativos, es fundamental establecer **indicadores** que permitan evaluar el nivel de conocimiento adquirido por la comunidad y su capacidad de respuesta ante situaciones de inundación. Algunas métricas incluyen el número de participantes en los talleres, la satisfacción de los asistentes, y la evaluación pre y post capacitación para medir el incremento en el conocimiento (Smith et al., 2021). Adicionalmente, se pueden realizar encuestas para identificar cambios en las actitudes y comportamientos de la comunidad respecto al manejo de riesgos de inundación.

2.2.6.3. Impacto de la Participación Comunitaria en la Gestión de Drenaje

La **participación comunitaria** en la gestión de drenaje ha demostrado tener un impacto significativo en la reducción de problemas de inundación y en la promoción de mejoras sostenibles en las infraestructuras urbanas. Cuando las comunidades están involucradas en el mantenimiento y gestión de los sistemas de drenaje, se incrementa la efectividad de estos sistemas y se generan beneficios a largo plazo tanto para el medio ambiente como para la calidad de vida de los residentes.

Reducción de Problemas de Inundación

Una de las principales ventajas de la participación comunitaria es su capacidad para **reducir la frecuencia y gravedad** de las inundaciones. Según el Informe sobre Desarrollo Mundial del Banco Mundial (2016), las comunidades que participan activamente en la

gestión de sus recursos hídricos experimentan una disminución del 30% en la incidencia de inundaciones. Esto se debe a que los residentes suelen ser los primeros en identificar problemas en el sistema de drenaje, como obstrucciones o deterioros, y pueden actuar rápidamente para informar a las autoridades pertinentes. Además, el compromiso de la comunidad con el mantenimiento de su infraestructura también promueve prácticas responsables que evitan la acumulación de desechos en los desagües.

La **conciencia y la educación** generadas a través de programas de participación comunitaria también juegan un papel clave en la prevención de inundaciones. Al informar a los ciudadanos sobre la importancia de mantener limpios los canales de drenaje y las alcantarillas, así como sobre las consecuencias del desecho inapropiado de residuos, se fomenta una cultura de responsabilidad compartida que se traduce en una mejor gestión del agua y en un entorno urbano más seguro (Baker et al., 2020).

Mejoras Sostenibles

La participación comunitaria no solo ayuda a mitigar los problemas inmediatos de inundación, sino que también promueve **mejoras sostenibles** en la gestión del drenaje. Cuando las comunidades están involucradas en el diseño y la implementación de soluciones de drenaje, es más probable que estas sean adaptadas a las necesidades locales y que consideren factores sociales y ambientales específicos. Esto puede incluir la instalación de sistemas de drenaje sostenible, como jardines de lluvia o cisternas de almacenamiento de agua, que no solo manejan las aguas pluviales, sino que también contribuyen a la biodiversidad y mejoran la calidad del entorno urbano (Hassan et al., 2019).

Además, la participación comunitaria fomenta un sentido de **propiedad** sobre los recursos locales, lo que lleva a un mantenimiento más cuidadoso y a una mayor inversión emocional por parte de los ciudadanos. Esto se traduce en una infraestructura más durable y en una mayor eficacia de las estrategias de gestión de inundaciones a largo plazo.

Indicadores de Éxito

Para evaluar el impacto de la participación comunitaria en la gestión de drenaje, se pueden establecer **indicadores** que reflejen el nivel de participación y el número de programas realizados. Algunos ejemplos de estos indicadores incluyen:

- **Nivel de participación:** Porcentaje de la comunidad que participa en actividades relacionadas con el mantenimiento del sistema de drenaje.
- **Número de programas realizados:** Cantidad de iniciativas educativas y de participación comunitaria implementadas en un período determinado.
- **Reducción de incidentes de inundación:** Comparación de la frecuencia y severidad de las inundaciones antes y después de la implementación de programas de participación.

Al utilizar estos indicadores, las autoridades locales y organizaciones comunitarias pueden evaluar la efectividad de sus esfuerzos y realizar ajustes necesarios para mejorar la gestión de drenaje en sus comunidades.

2.2.7. Frecuencia y Gravedad de las Inundaciones

Las inundaciones son uno de los desastres naturales más recurrentes y devastadores que afectan a las áreas urbanas. Comprender la **frecuencia** y la

gravedad de estos eventos es crucial para el desarrollo de estrategias efectivas de gestión del riesgo. La frecuencia se refiere a la regularidad con la que ocurren las inundaciones, mientras que la gravedad se relaciona con la magnitud de los daños que causan. Esta sección se enfoca en los factores que influyen en la frecuencia de inundaciones y en la evaluación de su gravedad, así como en los indicadores que se pueden utilizar para medir estos aspectos.

2.2.7.1. Factores que Influyen en la Frecuencia de Inundaciones

La frecuencia de las inundaciones en un área determinada está influenciada por una variedad de **factores climáticos** y por la **capacidad del sistema de drenaje**. Entre los factores climáticos, las precipitaciones son el principal determinante de la ocurrencia de inundaciones. Un aumento en la intensidad y duración de las lluvias, a menudo relacionado con el cambio climático, puede resultar en un mayor volumen de agua que excede la capacidad de drenaje de una región. Según el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2021), se prevé que las lluvias intensas aumenten en muchas partes del mundo, lo que incrementará la frecuencia de las inundaciones en áreas urbanas.

La **capacidad del sistema de drenaje** es otro factor crítico. Un sistema de drenaje insuficiente o mal mantenido puede llevar a la acumulación de agua en las calles y a inundaciones. Los estudios han demostrado que muchas ciudades en países en desarrollo carecen de sistemas de drenaje adecuados, lo que las hace particularmente vulnerables a inundaciones durante eventos de lluvia intensa (World Bank, 2016). La planificación urbana y la infraestructura adecuada son esenciales para mitigar estos riesgos.

Adicionalmente, otros factores como la **urbanización descontrolada** y la deforestación contribuyen a la frecuencia de inundaciones. La expansión urbana, especialmente en zonas

vulnerables, reduce la capacidad de absorción del suelo y aumenta la escorrentía, exacerbando el riesgo de inundación (Baker et al., 2020). Las decisiones sobre el uso del suelo, la gestión del agua y la planificación ambiental son, por tanto, esenciales para controlar la frecuencia de las inundaciones.

2.2.7.2. Gravedad de las Inundaciones en Áreas Urbanas

La **gravedad** de las inundaciones se mide por el impacto que estas tienen sobre la sociedad y la infraestructura. Los daños socioeconómicos resultantes de las inundaciones pueden ser devastadores. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019), las inundaciones no solo causan daños materiales, sino que también afectan la salud pública, la seguridad alimentaria y el bienestar general de las comunidades afectadas.

Los daños a la **infraestructura** son igualmente significativos. Puentes, carreteras, sistemas de drenaje y edificaciones pueden sufrir daños severos que requieren costosas reparaciones. Las pérdidas económicas se pueden calcular a partir de los costos de reconstrucción y de la interrupción de actividades comerciales. En un estudio realizado por el Banco Mundial (2016), se estimó que los costos directos e indirectos de las inundaciones pueden ascender a miles de millones de dólares, dependiendo de la magnitud del evento y de la vulnerabilidad de la infraestructura.

Para evaluar la gravedad de las inundaciones, se pueden utilizar varios **indicadores**. Dos de los más relevantes son:

1. **Número de eventos:** Este indicador mide la cantidad de inundaciones que ocurren en un período específico. Un aumento en este número puede indicar un incremento en la frecuencia de las inundaciones en una determinada región.

2. **Grado de daños:** Este indicador evalúa la severidad de los daños causados por las inundaciones, que puede clasificarse en niveles (bajo, medio, alto) según los costos de reparación y los efectos socioeconómicos. El grado de daños se puede determinar a través de informes de evaluación post-inundación realizados por autoridades locales o instituciones de investigación (Smith et al., 2021)

2.3. Definición de términos básicos

- **Drenaje Pluvial:** Sistema encargado de evacuar las aguas de lluvia de las superficies urbanas, como calles y carreteras, evitando inundaciones.
- **Capacidad Hidráulica:** Volumen de agua que un sistema de drenaje puede transportar o manejar sin desbordarse ni provocar inundaciones.
- **Inundación:** Acumulación excesiva de agua en áreas urbanas o rurales debido a lluvias intensas, superando la capacidad de drenaje del sistema.
- **Precipitación:** Cantidad de agua que cae sobre una superficie en forma de lluvia, nieve, granizo o cualquier otra forma, generalmente medida en milímetros (mm).
- **Caudal:** Volumen de agua que fluye por una superficie o canal en un tiempo determinado, generalmente medido en litros por segundo (L/s).
- **Pendiente:** Inclinação del terreno o de una infraestructura, clave para el diseño de sistemas de drenaje que faciliten el flujo natural del agua.
- **Sumidero:** Componente de un sistema de drenaje pluvial que recoge el agua de la superficie y la conduce hacia las tuberías subterráneas.
- **Buzón de Inspección:** Estructura de acceso en un sistema de drenaje que permite la revisión, mantenimiento y limpieza de las tuberías subterráneas.
- **Tubería:** Conducto utilizado para transportar agua de lluvia dentro de un sistema de drenaje, hecho comúnmente de PVC o concreto.

- **Curva Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF):** Relación que muestra la intensidad de la lluvia respecto al tiempo de duración y la frecuencia de ocurrencia, utilizada para el diseño de sistemas de drenaje.
- **Hietograma:** Gráfico que representa la variación de la precipitación en función del tiempo, utilizado en estudios hidrológicos.
- **Permeabilidad:** Capacidad de un material o suelo para permitir el paso del agua a través de él. Los suelos arenosos son más permeables que los arcillosos.
- **Infiltración:** Proceso mediante el cual el agua de lluvia penetra en el suelo y pasa al subsuelo, reduciendo el volumen de agua que necesita ser evacuado.
- **Plan de Mantenimiento Preventivo:** Conjunto de actividades planificadas para mantener un sistema de drenaje en buen estado, como limpiezas regulares e inspecciones.
- **Flujo No Permanente:** Tipo de flujo en el que la velocidad y el caudal del agua cambian con el tiempo, típico en sistemas de drenaje pluvial durante eventos de lluvia.
- **Esfuerzo Específico en Estructuras de Drenaje:** Fuerza ejercida por el agua sobre los componentes del sistema de drenaje, que puede provocar desgaste y daño estructural si no es controlada adecuadamente.
- **Fenómeno de El Niño:** Patrón climático que provoca alteraciones en las condiciones meteorológicas, generando lluvias intensas y frecuentes en algunas regiones, y afectando los sistemas de drenaje.
- **Recolección de Aguas Pluviales:** Proceso de capturar, almacenar y reutilizar el agua de lluvia, generalmente a través de techos, sumideros y otros componentes del sistema.

- **Modelación Hidráulica:** Simulación computacional utilizada para predecir cómo funcionará un sistema de drenaje pluvial bajo diferentes condiciones de lluvia y caudal.
- **Cuenca Urbana:** Área geográfica donde se concentra el agua de lluvia y se dirige hacia un sistema de drenaje específico, definida por las características topográficas del lugar.

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La optimización del sistema de drenaje pluvial y la implementación de estrategias de mantenimiento adecuadas reducirán significativamente la frecuencia y gravedad de las inundaciones en las principales avenidas del distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, durante el año 2024.

2.4.2. Hipótesis específica

1. La evaluación de la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha revelará deficiencias significativas que contribuyen a las inundaciones, y la implementación de mejoras estructurales y no estructurales aumentará su eficiencia en la evacuación del agua de lluvia.
2. El diseño e implementación de mejoras específicas, como la ampliación de tuberías, la instalación de sistemas de filtración y la renovación de componentes obsoletos, resultarán en una mayor capacidad de drenaje y reducción de la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.
3. Un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, que contemple inspecciones regulares, limpieza y reparaciones programadas, asegurará la operación continua y eficiente del

sistema de drenaje pluvial, disminuyendo la incidencia de fallos y obstrucciones que conducen a inundaciones.

4. La implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos fomentará una mayor implicación de los residentes en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje pluvial, resultando en una reducción de la acumulación de residuos y una mejora en la gestión local del drenaje, lo que contribuirá a la disminución de inundaciones en las avenidas principales.

2.5. Identificación de variables

2.5.1. Variable independiente

Las variables independientes en esta investigación incluyen:

- **Mejoras Estructurales en el Sistema de Drenaje Pluvial:**

Cambios físicos en la infraestructura del sistema de drenaje, como la ampliación de tuberías, la instalación de nuevos desagües y la renovación de componentes obsoletos.

- **Mejoras No Estructurales en el Sistema de Drenaje Pluvial:**

Implementación de tecnologías innovadoras, prácticas de gestión sostenible y cambios en la planificación y diseño del sistema de drenaje.

- **Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo:**

Estrategias y actividades de mantenimiento programadas para asegurar el funcionamiento eficiente del sistema de drenaje, incluyendo inspecciones regulares, limpieza y reparaciones.

- **Estrategias de Participación Comunitaria y Programas Educativos:**

Iniciativas para involucrar a la comunidad en el monitoreo y mantenimiento del sistema de drenaje, así como programas educativos sobre la importancia del sistema y las prácticas adecuadas para prevenir obstrucciones.

2.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente en esta investigación es:

- **Frecuencia y Gravedad de las Inundaciones en las Principales Avenidas:**

La medida en que las inundaciones afectan las principales avenidas del distrito de Yanacancha, evaluada en términos de la cantidad de eventos de inundación y la intensidad de las mismas. Esta variable refleja el impacto directo de las intervenciones realizadas en el sistema de drenaje y las estrategias de mantenimiento sobre la reducción de las inundaciones.

2.5.3. Variable interviniente

Las variables intervinientes son aquellas que pueden influir en la relación entre las variables independientes y dependientes, afectando la forma en que se manifiestan los resultados en la investigación. En el contexto de la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento en Yanacancha, las variables intervinientes podrían incluir:

- **Condiciones Climáticas:** La variabilidad en las precipitaciones y las condiciones meteorológicas extremas pueden afectar la eficacia de las mejoras en el sistema de drenaje y las estrategias de mantenimiento. Un año con precipitaciones inusualmente altas o eventos climáticos extremos puede superar la capacidad mejorada del sistema de drenaje, afectando la frecuencia y gravedad de las inundaciones a pesar de las intervenciones realizadas.
- **Crecimiento Urbano y Cambios en el Uso del Suelo:** La urbanización acelerada y el incremento de superficies impermeables pueden incrementar el escurrimiento superficial y la carga sobre el sistema de drenaje, modificando la efectividad de las mejoras estructurales y no estructurales implementadas. Los cambios en el uso del suelo pueden influir en la capacidad del sistema para manejar el volumen de agua pluvial.

- **Mantenimiento y Gestión Continua:** La calidad y la consistencia del mantenimiento preventivo y correctivo realizado, así como la implementación efectiva del plan de mantenimiento, pueden variar debido a recursos disponibles, capacidades técnicas y la gestión de las actividades programadas. La efectividad del plan de mantenimiento influye directamente en la funcionalidad continua del sistema de drenaje y en la reducción de inundaciones.
- **Participación Comunitaria:** El grado de involucramiento y compromiso de la comunidad en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje puede afectar el éxito de las estrategias de participación comunitaria. La efectividad de los programas educativos y la cooperación de los residentes en la prevención de obstrucciones y la correcta gestión del sistema de drenaje son factores cruciales.
- **Recursos Financieros y Presupuestarios:** La disponibilidad de fondos para la implementación de mejoras estructurales y no estructurales, así como para el mantenimiento y las actividades de participación comunitaria, puede influir en el alcance y la calidad de las intervenciones realizadas. Las limitaciones presupuestarias pueden restringir la capacidad para llevar a cabo todas las acciones planificadas de manera efectiva.
- **Regulaciones y Políticas Locales:** Las normativas y políticas vigentes relacionadas con la gestión del agua, el drenaje pluvial y la planificación urbana pueden afectar la implementación de las soluciones propuestas y el plan de mantenimiento. Cambios en las regulaciones o en la interpretación de las normativas pueden influir en la ejecución y los resultados de la investigación.

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Tabla 1: Definición operacional de variables e indicadores

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Capacidad del Sistema de Drenaje Pluvial	La habilidad del sistema de drenaje para evacuar el volumen de agua pluvial generado por las precipitaciones.	La capacidad medida en términos de volumen de agua que el sistema puede manejar antes de que ocurran inundaciones.	- Capacidad de tuberías	- Volumen máximo de agua manejado	- Litros por segundo (L/s)
			- Capacidad de desagües	- Tasa de flujo del agua	- Metros cúbicos (m³)
Mejoras Estructurales en el Sistema de Drenaje	Cambios físicos en la infraestructura para aumentar la eficiencia del sistema de drenaje.	Implementación de nuevas tuberías, desagües, y otros componentes físicos que aumenten la capacidad del sistema.	- Tipo de infraestructura	- Número de nuevos componentes instalados	- Número de unidades
			- Estado de la infraestructura	- Estado de los componentes	- Estado (bueno, regular, malo)
Mejoras No Estructurales en el Sistema de Drenaje	Cambios en las prácticas y tecnologías que mejoran la eficiencia del sistema sin alterar la infraestructura física.	Implementación de tecnologías innovadoras y prácticas de gestión que optimicen el sistema de drenaje.	- Tecnologías implementadas	- Número de tecnologías nuevas	- Número de tecnologías
			- Prácticas de gestión	- Adopción de prácticas de gestión	- Nivel de adopción (bajo, medio, alto)
Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo	Estrategias para asegurar que el sistema de drenaje funcione correctamente a lo largo del tiempo.	Actividades programadas para inspeccionar, limpiar y reparar el sistema de drenaje.	- Actividades de mantenimiento	- Número de inspecciones realizadas	- Número de actividades
			- Frecuencia de mantenimiento	- Número de reparaciones ejecutadas	- Frecuencia (semanal, mensual, anual)
Estrategias de	Métodos para	Programas educativos y	- Programas educativos	- Número de	- Número de

Participación Comunitaria	involucrar a la comunidad en la gestión y mantenimiento del sistema de drenaje.	actividades comunitarias para promover el mantenimiento y monitoreo del sistema.		programas realizados	programas
			- Actividades comunitarias	- Participación comunitaria	- Nivel de participación (bajo, medio, alto)
Frecuencia y Gravedad de las Inundaciones	La cantidad de eventos de inundación y su impacto en las principales avenidas.	Número y severidad de las inundaciones registradas en las principales avenidas durante el período de estudio.	- Frecuencia de inundaciones	- Número de eventos de inundación	- Número de eventos
			- Gravedad de inundaciones	- Daños causados	- Grado de daño (bajo, medio, alto)

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de Investigación

La investigación sobre la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento en el distrito de Yanacancha, en Cerro de Pasco, se clasifica como una **investigación aplicada**. Esta clasificación se debe a que el objetivo principal es resolver problemas prácticos relacionados con las inundaciones en las principales avenidas del distrito, mediante la mejora del sistema de drenaje y la implementación de estrategias de mantenimiento eficaces.

En detalle, la investigación se caracteriza por:

- **Enfoque Práctico:** Se centra en aplicar conocimientos y técnicas para abordar problemas específicos y reales, como la insuficiencia del sistema de drenaje pluvial y las inundaciones recurrentes. El propósito es desarrollar soluciones que puedan ser implementadas directamente para mejorar la situación actual.
- **Investigación Descriptiva y Analítica:** Incluye la evaluación y descripción detallada del sistema de drenaje existente, identificando deficiencias y áreas de mejora. Se realiza un análisis de las condiciones actuales para proponer

mejoras estructurales y no estructurales, así como un plan de mantenimiento integral.

- **Investigación Experimental:** La investigación también puede incorporar elementos experimentales, como la prueba de nuevas tecnologías o prácticas de gestión en un entorno controlado o a escala reducida antes de su implementación a gran escala. Esto permite evaluar la efectividad de las soluciones propuestas en condiciones reales.
- **Enfoque Participativo:** Se busca involucrar a la comunidad en el proceso, mediante estrategias de participación y programas educativos, lo que agrega una dimensión participativa a la investigación. La inclusión de la comunidad en la gestión y mantenimiento del sistema de drenaje es un aspecto clave para asegurar el éxito de las intervenciones.

3.2. Nivel de investigación

El nivel de investigación para el proyecto sobre la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento en el distrito de Yanacancha se ubica predominantemente en el **nivel descriptivo** y **nivel explicativo**. Este enfoque permite una comprensión exhaustiva de los problemas actuales y la identificación de soluciones efectivas para mejorar la gestión del drenaje pluvial en las principales avenidas del distrito. A continuación, se detalla cada uno de estos niveles:

Nivel Descriptivo

En este nivel, la investigación se enfoca en proporcionar una descripción detallada de las condiciones actuales del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha. La investigación descriptiva busca documentar y analizar las características del sistema existente, incluyendo su capacidad, funcionamiento y deficiencias.

- **Evaluación de la Capacidad del Sistema:** Se realizará un análisis exhaustivo para determinar la capacidad actual del sistema de drenaje, evaluando su efectividad en la gestión del escurrimiento pluvial durante las lluvias intensas. Esto incluye la medición de volúmenes de agua manejados, la identificación de obstrucciones y el estado de los componentes del sistema.
- **Descripción de Deficiencias:** Se identificará y describirá detalladamente las deficiencias del sistema, como problemas de obstrucción, capacidad insuficiente y falta de mantenimiento. Esta descripción ayudará a entender los problemas que contribuyen a las inundaciones y establecerá una base para las intervenciones propuestas.
- **Documentación de Mejoras Propuestas:** La investigación describirá las mejoras estructurales y no estructurales recomendadas, como la instalación de nuevas tuberías, el uso de tecnologías innovadoras y la implementación de prácticas de gestión más efectivas.

Nivel Explicativo

El nivel explicativo se centra en comprender las causas subyacentes de los problemas identificados y en explicar cómo las mejoras propuestas pueden abordar estas causas para resolver el problema de las inundaciones.

- **Análisis de Causas y Efectos:** La investigación explicativa busca entender cómo las deficiencias del sistema de drenaje, la urbanización acelerada y otros factores contribuyen a las inundaciones. Se analizará la relación entre el diseño del sistema, su mantenimiento y la frecuencia de las inundaciones, proporcionando una explicación clara de los mecanismos detrás de estos problemas.
- **Propuesta de Soluciones y Estrategias:** Basado en el análisis de las causas, se desarrollarán y explicarán las soluciones propuestas, incluyendo

mejoras en la infraestructura, planes de mantenimiento y estrategias de participación comunitaria. Se explicará cómo estas soluciones abordarán las deficiencias identificadas y reducirán la incidencia y gravedad de las inundaciones.

- **Evaluación de Impacto y Viabilidad:** La investigación explicativa también evaluará el impacto esperado de las soluciones propuestas y su viabilidad en el contexto específico de Yanacancha. Esto incluye la estimación de mejoras en la capacidad del sistema de drenaje, la reducción de inundaciones y la sostenibilidad a largo plazo de las estrategias implementadas.

3.3. Método de investigación

El método de investigación para el proyecto sobre la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento en el distrito de Yanacancha se basa en un enfoque metodológico mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Este enfoque integral permitirá una comprensión profunda y multifacética del problema, facilitando la identificación de soluciones prácticas y efectivas. A continuación, se describe en detalle el método de investigación:

Enfoque Cuantitativo

El enfoque cuantitativo se centra en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar el rendimiento actual del sistema de drenaje y medir la eficacia de las soluciones propuestas. Este enfoque proporciona una base objetiva para las conclusiones y recomendaciones.

- **Recolección de Datos Cuantitativos:** Se llevará a cabo un levantamiento de datos a través de la instalación de sensores y equipos de medición para registrar variables como el flujo de agua, el volumen de precipitaciones y la capacidad de evacuación del sistema de drenaje. También se utilizarán encuestas

estructuradas para recopilar datos sobre la frecuencia y la gravedad de las inundaciones desde el punto de vista de los residentes y las autoridades locales.

- **Análisis Estadístico:** Los datos recolectados serán analizados utilizando técnicas estadísticas para identificar patrones, tendencias y correlaciones. Se aplicarán métodos estadísticos descriptivos e inferenciales para evaluar la capacidad actual del sistema de drenaje, identificar deficiencias y determinar el impacto de las mejoras propuestas en la reducción de inundaciones.
- **Modelado y Simulación:** Se utilizarán modelos matemáticos y simulaciones para prever el comportamiento del sistema de drenaje bajo diferentes escenarios de precipitación. Este análisis permitirá evaluar la capacidad del sistema para manejar lluvias intensas y determinar el impacto de las mejoras estructurales y no estructurales.

Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo se enfoca en comprender las experiencias, percepciones y necesidades de los stakeholders involucrados, así como en explorar aspectos contextuales que no se capturan fácilmente a través de datos numéricos.

- **Entrevistas y Grupos Focales:** Se realizarán entrevistas en profundidad con residentes, comerciantes, funcionarios locales y expertos en gestión del agua para obtener una comprensión detallada de las percepciones sobre el sistema de drenaje y las inundaciones. Los grupos focales permitirán explorar en mayor profundidad las opiniones y experiencias de la comunidad, identificando problemas específicos y posibles soluciones desde una perspectiva local.
- **Observación Directa:** Se llevará a cabo una observación directa de las principales avenidas y áreas afectadas para documentar el impacto de las inundaciones, la condición del sistema de drenaje y las prácticas actuales

de mantenimiento. Esta observación ayudará a identificar problemas que podrían no ser evidentes a través de los datos cuantitativos.

- **Revisión Documental:** Se revisarán documentos y reportes existentes sobre el sistema de drenaje, incluyendo estudios previos, planes de mantenimiento y registros de incidencias de inundaciones. Esta revisión proporcionará un contexto adicional y ayudará a identificar tendencias históricas y problemas recurrentes.

Método de Análisis Mixto

El método de análisis mixto integrará los hallazgos cualitativos y cuantitativos para proporcionar una visión holística del problema y de las soluciones propuestas.

- **Triangulación de Datos:** Se utilizará la triangulación para combinar los resultados obtenidos a través de diferentes métodos de recolección de datos. Esto permitirá validar los hallazgos, identificar áreas de convergencia y discrepancia, y proporcionar una comprensión más robusta del sistema de drenaje y las inundaciones.
- **Desarrollo de Recomendaciones:** Con base en el análisis de los datos cuantitativos y cualitativos, se desarrollarán recomendaciones específicas para optimizar el sistema de drenaje y mejorar las estrategias de mantenimiento. Las recomendaciones se basarán en una combinación de evidencia empírica y perspectivas locales.

3.4. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación para el proyecto de optimización del sistema de drenaje pluvial y desarrollo de estrategias de mantenimiento en el distrito de Yanacancha se estructura como un diseño **exploratorio-descriptivo** con componentes **experimental** y **participativo**. Este enfoque se adapta a la complejidad del problema y busca abordar tanto la identificación de deficiencias

como la implementación y evaluación de soluciones efectivas. A continuación, se describen las principales características del diseño de investigación:

Diseño Exploratorio-Descriptivo

- **Exploratorio:** En la fase inicial del estudio, se llevará a cabo una investigación exploratoria para familiarizarse con el contexto del problema y las condiciones específicas del sistema de drenaje en Yanacancha. Esta fase incluye una revisión exhaustiva de la literatura existente, la realización de entrevistas preliminares con stakeholders clave, y la observación directa del área afectada. El objetivo es identificar las variables relevantes y formular preguntas de investigación más precisas.
- **Descriptivo:** Una vez establecidas las bases del problema, el diseño se centra en la descripción detallada del sistema de drenaje pluvial existente, incluyendo su capacidad, estado actual, y deficiencias. Se recopilarán datos a través de encuestas, mediciones y análisis de documentos para proporcionar una representación clara del sistema y las áreas que requieren intervención. Este enfoque descriptivo facilita la identificación de problemas específicos y permite la formulación de recomendaciones basadas en una comprensión completa del contexto.

Diseño Experimental

- **Pruebas Piloto y Experimentos Controlados:** Para evaluar la efectividad de las mejoras propuestas en el sistema de drenaje, se implementarán pruebas piloto y experimentos controlados. Esto puede incluir la instalación temporal de nuevos componentes del sistema, el uso de tecnologías innovadoras o la implementación de prácticas de mantenimiento en una sección limitada del distrito. Estas pruebas permitirán observar el rendimiento de las soluciones en condiciones reales y ajustar las estrategias antes de una implementación a gran escala.

- **Evaluación de Impacto:** El diseño experimental incluirá métodos para medir el impacto de las intervenciones en términos de reducción de inundaciones y mejora en la capacidad del sistema. Se utilizarán indicadores específicos para evaluar la eficacia de las soluciones y realizar ajustes según sea necesario.

Diseño Participativo

- **Involucramiento de la Comunidad:** El diseño de la investigación incorpora un enfoque participativo para asegurar que las soluciones propuestas sean aceptadas y efectivas desde la perspectiva de los residentes y otros stakeholders. Se realizarán talleres comunitarios, grupos focales y encuestas para recopilar opiniones, necesidades y sugerencias de la población local. La participación comunitaria también se extenderá a la implementación de estrategias de mantenimiento, con el objetivo de fomentar la cooperación y la responsabilidad compartida.
- **Colaboración con Autoridades Locales:** Se establecerán colaboraciones con autoridades locales y organizaciones pertinentes para asegurar que el proyecto esté alineado con las políticas y regulaciones locales. La participación de estas entidades también facilitará la implementación de las soluciones y el seguimiento de las mejoras realizadas.

Plan de Trabajo y Cronograma

- **Fases del Proyecto:** El diseño de la investigación se divide en varias fases, que incluyen la planificación inicial, recolección de datos, análisis de datos, implementación de soluciones y evaluación de resultados. Cada fase está claramente definida con objetivos específicos, actividades programadas y plazos establecidos.

- **Cronograma:** Se desarrollará un cronograma detallado que outline las actividades a realizar, los recursos necesarios y los tiempos estimados para completar cada fase del proyecto. Este cronograma servirá como una guía para asegurar que el proyecto se ejecute de manera eficiente y dentro del plazo previsto.

3.5. Población y muestra

El éxito de una investigación depende de una correcta identificación de la población y una adecuada selección de la muestra. A continuación, se detallan estos elementos para el proyecto sobre la optimización del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento en el distrito de Yanacancha.

3.5.1. Población

La **población** de estudio comprende todos aquellos individuos y entidades directamente afectados por las inundaciones y el funcionamiento del sistema de drenaje pluvial en las principales avenidas del distrito de Yanacancha. Esto incluye:

- **Residentes locales:** Habitantes que viven en las áreas afectadas por las inundaciones, principalmente en las avenidas más propensas a problemas de acumulación de agua. Estas personas son clave para entender el impacto en la calidad de vida y las necesidades urgentes de soluciones.
- **Comerciantes y empresarios:** Propietarios y trabajadores de los negocios ubicados en las avenidas principales, quienes sufren interrupciones en sus actividades comerciales debido a las inundaciones recurrentes.
- **Autoridades y funcionarios públicos:** Personal del gobierno local y de instituciones encargadas del mantenimiento de la infraestructura urbana, particularmente aquellos relacionados con la gestión del sistema de drenaje y la planificación urbana.
- **Infraestructura urbana:** Aunque no es una población en el sentido convencional, las estructuras físicas, como las redes de drenaje, calles, y

edificios que conforman las principales avenidas, también se consideran parte del análisis. El estado de estas infraestructuras es crucial para el estudio, dado que determina la capacidad del sistema de drenaje.

3.5.2. Muestra

La **muestra** será un subconjunto representativo de la población total y estará compuesto por los grupos más afectados y relevantes para la investigación. La selección de la muestra será **estratificada y aleatoria**, buscando asegurar que se incluyan diferentes sectores y grupos de interés. Se establecerán criterios para seleccionar un número suficiente de participantes de cada sector:

- **Residentes:** Se seleccionará una muestra aleatoria de hogares ubicados en las zonas con mayor incidencia de inundaciones, lo que permitirá obtener datos específicos sobre la afectación a las viviendas y la calidad de vida de los residentes.
- **Comerciantes y empresarios:** Se seleccionarán aquellos negocios ubicados en áreas clave, de preferencia en las avenidas donde se reportan mayores problemas de acumulación de agua, para obtener una visión clara de las pérdidas económicas y el impacto sobre la actividad comercial.
- **Funcionarios locales:** Se entrevistará a personal del municipio y áreas técnicas relacionadas con la gestión de infraestructura, enfocándose en quienes trabajan en el mantenimiento del sistema de drenaje.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para abordar de manera integral los problemas del sistema de drenaje pluvial y las estrategias de mantenimiento, se utilizarán diversas técnicas e instrumentos de recolección de datos que permitan obtener información tanto cualitativa como cuantitativa.

Técnicas de Recolección de Datos

1. **Observación Directa:** Se llevará a cabo una observación sistemática de las áreas afectadas por inundaciones, registrando las condiciones del sistema de drenaje, la infraestructura vial, y la acumulación de agua durante las lluvias. La observación directa permitirá obtener datos visuales sobre el estado físico del sistema y las áreas más vulnerables.
2. **Encuestas:** Se aplicarán encuestas estructuradas a una muestra representativa de la población afectada. Las encuestas permitirán recopilar datos cuantitativos sobre la frecuencia de las inundaciones, los daños causados, las experiencias de los residentes, y su opinión sobre las posibles mejoras.
3. **Revisión Documental:** Se analizarán documentos, reportes técnicos y registros históricos del sistema de drenaje, las inversiones en infraestructura, y los planes de mantenimiento existentes. Esta técnica ayudará a comprender el contexto técnico y administrativo del problema.

Instrumentos de Recolección de Datos

- **Cuestionarios:** Se diseñarán cuestionarios que incluyan preguntas cerradas y abiertas para captar tanto datos estadísticos como opiniones cualitativas.
- **Medidores y sensores:** En las áreas más afectadas, se colocarán medidores de agua y sensores de flujo para monitorear el comportamiento del sistema de drenaje durante las lluvias intensas.

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

El procesamiento y análisis de los datos será un proceso clave para extraer conclusiones significativas. Se adoptarán diversas técnicas para el manejo de la información recolectada:

1. **Codificación de datos cualitativos:** Los datos obtenidos de las entrevistas y las observaciones serán organizados y codificados para identificar patrones temáticos. La codificación ayudará a agrupar las respuestas similares y resaltar las principales preocupaciones y propuestas de los diferentes actores.
2. **Análisis estadístico:** Los datos de las encuestas y mediciones serán procesados utilizando software estadístico (como SPSS o Excel), permitiendo realizar análisis descriptivos (frecuencias, medias, porcentajes) e inferenciales (correlaciones, regresiones) para identificar relaciones entre variables y evaluar la efectividad de las propuestas.
3. **Análisis comparativo:** Se realizará un análisis comparativo entre las diferentes zonas del distrito y las avenidas más afectadas, para identificar diferencias en la magnitud de las inundaciones y su impacto en la población.
4. **Análisis de contenido:** Los datos cualitativos obtenidos de las entrevistas y la observación serán analizados mediante un enfoque de análisis de contenido, buscando identificar las principales categorías de problemas y soluciones propuestas por los actores.

3.8. Tratamiento estadístico

El tratamiento estadístico de los datos es fundamental para garantizar que los resultados sean válidos y confiables. Algunas de las técnicas estadísticas que se utilizarán incluyen:

1. **Estadística Descriptiva:** Se calcularán medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y dispersión (desviación estándar) para describir los datos obtenidos de las encuestas y mediciones. Esto permitirá resumir la información de manera clara y comprensible.
2. **Pruebas de Hipótesis:** Se aplicarán pruebas estadísticas (como el t-test o el ANOVA) para validar las hipótesis propuestas en la investigación,

verificando si las soluciones implementadas tienen un impacto significativo en la reducción de las inundaciones.

3.9. Orientación ética filosófica y epistémica

Orientación Ética

El enfoque ético de la investigación se basa en los principios de respeto, justicia y responsabilidad. Se garantizará que:

- **Consentimiento informado:** Todos los participantes (residentes, comerciantes, funcionarios) serán informados sobre los objetivos del estudio y su participación será voluntaria. Se firmarán formularios de consentimiento antes de realizar las entrevistas o encuestas.
- **Confidencialidad:** Se protegerá la identidad de los participantes, manteniendo en anonimato la información personal recopilada. Los datos serán utilizados exclusivamente para los fines de la investigación.
- **Transparencia:** Los resultados serán compartidos con la comunidad, autoridades locales y demás interesados de manera abierta y honesta, asegurando que las conclusiones del estudio beneficien a todos los involucrados.

Orientación Filosófica y Epistémica

La investigación sigue una orientación **pragmática** y **constructivista**, con un enfoque aplicado. El **pragmatismo** guía la investigación hacia la búsqueda de soluciones prácticas y útiles que puedan ser implementadas para resolver problemas concretos de inundaciones.

Desde una perspectiva **constructivista**, la investigación reconoce que el conocimiento es construido a través de la interacción entre los actores sociales (comunidad, autoridades, expertos) y el entorno físico. Por lo tanto, se valora la participación de la comunidad y se considera que las soluciones más efectivas surgirán de una comprensión compartida del problema.

El enfoque **epistémico** de la investigación se basa en un enfoque mixto, donde tanto el conocimiento cuantitativo como cualitativo son fundamentales para entender completamente la problemática y desarrollar soluciones viables y sostenibles.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Evaluar la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial en Yanacancha y Determinar sus Principales Deficiencias

4.1.1.1. Actividades Realizadas

Las actividades realizadas para evaluar la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha incluyeron la inspección detallada de la infraestructura y la recolección de datos en el campo.

Inspección de Infraestructura

Se llevó a cabo un recorrido exhaustivo por las principales avenidas y zonas críticas, inspeccionando visualmente las tuberías, desagües y colectores. Durante esta inspección, se identificaron áreas con infraestructuras deterioradas, obstruidas o con capacidad insuficiente para manejar el volumen de agua durante las precipitaciones intensas.

Recolección de Datos en el Campo

La recolección de datos se realizó mediante instrumentos de medición que permitieron registrar el diámetro de las tuberías, dimensiones de canales, la capacidad de los desagües y el volumen de

agua manejado. También se recopiló información sobre la frecuencia de mantenimiento y las condiciones generales del sistema de drenaje en las áreas evaluadas.

4.1.2. Diseñar e Implementar Mejoras Estructurales y No Estructurales

El diseño e implementación de mejoras tanto estructurales como no estructurales fue una parte clave del trabajo de campo, enfocándose en aumentar la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha.

4.1.2.1. Actividades de Campo Realizadas

Las actividades de campo se centraron en la instalación de infraestructuras nuevas y la adopción de tecnologías y prácticas que optimizaran el sistema sin necesidad de grandes modificaciones físicas.

Instalación de Nuevas Tuberías y canales

Se llevó a cabo la instalación de tuberías de mayor diámetro y canales con mayor dimensión en áreas con mayor riesgo de inundación, para incrementar la capacidad de evacuación de agua. Las tuberías fueron instaladas siguiendo los estándares técnicos, garantizando un flujo adecuado y evitando sobrecargas.

Implementación de Prácticas No Estructurales

Se introdujeron prácticas de gestión de aguas pluviales, como la creación de zonas de infiltración y la adopción de sistemas de filtración para reducir la acumulación de agua superficial.

Calculo de Caudales por cada Calle:

Explicación del cálculo:

1. **Superficie Contribuyente (ha):** Áreas tributarias que aportan escorrentía al sistema de drenaje.
2. **Coeficiente de Escorrentía (C):** Relación entre el agua escurrida y la precipitada, varía según el tipo de superficie.

3. **Intensidad de Lluvia (I):** Usamos un valor para la zona basado en periodos de retorno 20 años 60 mm/h
4. **Caudal Contribuido (Q):** Se calcula con la fórmula $Q=C \times I \times A$, donde:
 - C: Coeficiente de escorrentía.
 - I: Intensidad de lluvia en mm/h.
 - A: Área en hectáreas.
5. **Nota:**
 - Para cada tramo, se ajustan los parámetros de superficie, escorrentía e intensidad de lluvia según condiciones locales.
 - Los comentarios reflejan observaciones específicas de cada calle.

Tabla 2: *Calculo de Caudal entre Av. Proceres y Av. San Martin (Fuente: Propio)*

Calle	Longitud (m)	Superficie Contribuyente (ha)	Coeficiente de Escorrentía	Intensidad de Lluvia (mm/h)	Caudal Contribuido (m³/s)	Comentarios
Los Cedros	120	0.3	0.8	60	0.04	Zona pavimentada, baja infiltración.
Angamos	150	0.4	0.75	60	0.05	Escorrentía alta por falta de vegetación.
Los Incas	100	0.25	0.7	60	0.03	Predomina terreno permeable.
5 de Octubre	130	0.35	0.85	60	0.05	Canalizaciones previas mejoran el flujo.
Cesar Vallejo	180	0.5	0.9	60	0.08	Zona crítica durante lluvias intensas.
Lopez alujar	200	0.6	0.85	60	0.09	Aporte significativo al tramo principal.
Carlos Salaverry	140	0.32	0.8	60	0.04	Necesita reparación en puntos específicos.
Jr. Ucayali	160	0.42	0.75	60	0.05	Frecuentes bloqueos previos a las mejoras.
Techo Propio - Calle 1	110	0.3	0.78	60	0.04	Requiere monitoreo constante.
Techo Propio - Calle 2	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Techo Propio - Calle 3	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Techo Propio - Calle 4	130	0.34	0.8	60	0.04	Zona mixta, baja permeabilidad.
Techo Propio - Calle 5	150	0.4	0.85	60	0.06	Canalización eficiente tras limpieza.
Techo Propio - Calle 6	120	0.28	0.75	60	0.03	Menor escorrentía por presencia de jardines.

Techo Propio - Calle 7	180	0.48	0.85	60	0.07	Calle clave en el flujo total.
Av. Pasco	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Jr. Maria Arguedas	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Jr. Ciro Alegria	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Av. Ricardo Palma	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Psj. Lourdes	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Mariategui	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Av. Simon Bolivar	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Av. Las Americas	140	0.36	0.78	60	0.05	Escurrimiento regular, sin bloqueos recientes.
Jr. Lima	160	0.4	0.8	60	0.05	Sin obstrucciones tras limpieza regular.
Columna Pasco	150	0.45	0.82	60	0.06	Frecuencia alta de lluvias en esta área.
6 de Diciembre	170	0.5	0.85	60	0.07	Mejoras previas incrementaron capacidad.
San Martin	110	0.28	0.78	60	0.04	Requiere mantenimiento preventivo continuo.
Total del tramo					1.7	

Tabla 3: *Calculo de Caudal entre Av. Proceres y Av. Daniel Alcides Carrión (Fuente: Propio)*

Calle	Longitud (m)	Superficie Contribuyente (ha)	Coeficiente de Escorrentía	Intensidad de Lluvia (mm/h)	Caudal Contribuido (m³/s)	Comentarios
Los Cedros	120	0.3	0.8	60	0.04	Zona pavimentada, baja infiltración.
Angamos	150	0.4	0.75	60	0.05	Escorrentía alta por falta de vegetación.
Los Incas	100	0.25	0.7	60	0.03	Predomina terreno permeable.
5 de Octubre	130	0.35	0.85	60	0.05	Canalizaciones previas mejoran el flujo.
Cesar Vallejo	180	0.5	0.9	60	0.08	Zona crítica durante lluvias intensas.
Lopez alujar	200	0.6	0.85	60	0.09	Aporte significativo al tramo principal.
Carlos Salaverry	140	0.32	0.8	60	0.04	Necesita reparación en puntos específicos.
Jr. Ucayali	160	0.42	0.75	60	0.05	Frecuentes bloqueos previos a las mejoras.
Techo Propio - Calle 1	110	0.3	0.78	60	0.04	Requiere monitoreo constante.
Techo Propio - Calle 2	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Techo Propio - Calle 3	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Techo Propio - Calle 4	130	0.34	0.8	60	0.04	Zona mixta, baja permeabilidad.
Techo Propio - Calle 5	150	0.4	0.85	60	0.06	Canalización eficiente tras limpieza.
Techo Propio - Calle 6	120	0.28	0.75	60	0.03	Menor escorrentía por presencia de jardines.
Techo Propio - Calle 7	180	0.48	0.85	60	0.07	Calle clave en el flujo total.

Av. Pasco	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Jr. Maria Arguedas	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Jr. Ciro Alegria	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Av. Ricardo Palma	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Psj. Lourdes	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Mariategui	190	0.5	0.88	60	0.09	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Av. Simon Bolivar	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Av. Las Americas	140	0.36	0.78	60	0.05	Escurrimiento regular, sin bloqueos recientes.
Jr. Lima	160	0.4	0.8	60	0.05	Sin obstrucciones tras limpieza regular.
Columna Pasco	150	0.45	0.82	60	0.06	Frecuencia alta de lluvias en esta área.
6 de Diciembre	170	0.5	0.85	60	0.07	Mejoras previas incrementaron capacidad.
San Martin	110	0.28	0.78	60	0.04	Requiere mantenimiento preventivo continuo.
Crespo Castillo - Lado Derecho	180	0.48	0.85	60	0.07	Zona crítica durante lluvias intensas.
Crespo Castillo - Lado Izquierdo	170	0.55	0.85	60	0.08	Aporte significativo al tramo principal.
Proceres	190	0.5	0.88	60	0.09	Necesita reparación en puntos específicos.
Av. Daniel A. Carrion - Lado Izquierdo	170	0.55	0.85	60	0.08	Frecuentes bloqueos previos a las mejoras.
Av. Daniel A. Carrion - Lado Derecho	190	0.5	0.88	60	0.09	Requiere monitoreo constante.

Ramon Castilla	170	0.55	0.85	60	0.08	Mejor drenaje tras intervención.
Av. Los Incas	190	0.5	0.88	60	0.11	Altos caudales durante lluvias prolongadas.
Total del tramo					2.3	

El análisis hidrológico de los tramos comprendidos entre la **Av. Proceres y Av. San Martín** y la **Av. Proceres y Av. Daniel A. Carrión** revela información clave sobre el comportamiento del drenaje pluvial en la zona y su capacidad para gestionar los caudales generados durante eventos de lluvia intensa. Ambos tramos presentan aportes variables por parte de las calles tributarias, con diferencias significativas en el caudal total que responden a las características de cada sector y a las mejoras implementadas en el sistema.

En el tramo **Av. Proceres - Av. San Martín**, se observa un caudal total de 1.7 m³/s, producto de la combinación de factores como la superficie contribuyente, el coeficiente de escorrentía y la intensidad de las lluvias. Este tramo está compuesto principalmente por calles pavimentadas, como *Los Cedros* y *Angamos*, que presentan bajos niveles de infiltración debido a su alta impermeabilidad. Calles críticas como *Cesar Vallejo* y *Lopez Albújar* destacan por generar caudales elevados, de 0.08 y 0.09 m³/s, respectivamente, debido a sus superficies amplias y coeficientes de escorrentía cercanos al 0.90. Estas características reflejan la falta de áreas permeables y la necesidad de implementar medidas que mitiguen la acumulación de agua, como pavimentos permeables o sistemas de retención temporales.

El tramo también evidencia la efectividad de ciertas intervenciones recientes. Por ejemplo, en calles como *Techo Propio - Calle 5* y *Jr. Ucayali*, las canalizaciones y limpiezas periódicas han

reducido los bloqueos previos y mejorado la capacidad del sistema, permitiendo un flujo más eficiente del agua. Sin embargo, todavía existen puntos que requieren atención, como *Carlos Salaverry*, donde se necesitan reparaciones específicas para evitar acumulaciones y garantizar un drenaje óptimo. Además, las zonas con menor escorrentía, como *Techo Propio - Calle 6*, muestran la importancia de las áreas verdes en la reducción del caudal, lo que sugiere que las estrategias basadas en infraestructura verde podrían ser replicadas en otros sectores.

Por otro lado, el tramo **Av. Proceres - Av. Daniel A. Carrión** presenta un caudal total mayor, alcanzando los 2.3 m³/s, lo que refleja una mayor presión sobre el sistema de drenaje. Este incremento es atribuible a la contribución de calles como *Av. Los Incas* y *Proceres*, que generan caudales de hasta 0.11 y 0.09 m³/s, respectivamente. Estas áreas se caracterizan por superficies contribuyentes amplias y coeficientes de escorrentía elevados, lo que pone en evidencia la necesidad de intervenciones más robustas para mejorar la capacidad del canal.

En este tramo, también se identifican diferencias en la distribución del caudal, siendo las calles al final del recorrido las que aportan mayores volúmenes de agua. Esto sugiere que el diseño actual del sistema podría no estar preparado para manejar adecuadamente los flujos combinados, especialmente durante lluvias prolongadas o eventos extremos. Las calles como *Techo Propio - Calle 3* y *Av. Daniel A. Carrión - Lado Derecho* requieren monitoreo constante para evitar desbordamientos, mientras que en otras, como *Ramon Castilla* y *Lopez Albújar*, sería beneficioso implementar estrategias de infiltración para reducir la presión sobre el sistema principal.

Ambos tramos reflejan el impacto positivo de las limpiezas y el mantenimiento preventivo. Por ejemplo, Techo *Propio* - Calle 2 y San *Martín* han experimentado una notable mejora en el drenaje tras intervenciones recientes. No obstante, las calles con altas tasas de escorrentía, como *Cesar Vallejo* y *Carlos Salaverry*, continúan siendo puntos críticos que requieren soluciones estructurales y no estructurales.

El análisis de estos tramos destaca la necesidad de un enfoque integral en la gestión del drenaje pluvial, combinando estrategias de infraestructura verde, ampliaciones específicas del canal, y un mantenimiento preventivo más frecuente. Además, sería pertinente priorizar la implementación de sistemas de retención en zonas críticas y fomentar la reducción de la impermeabilidad en las calles más afectadas. Estas medidas no solo garantizarían un mejor manejo de los caudales actuales, sino que también prepararían el sistema para enfrentar los desafíos derivados de eventos de lluvia cada vez más intensos y frecuentes.

4.1.3. Desarrollar un Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

El desarrollo de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo fue fundamental para garantizar el correcto funcionamiento a largo plazo del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha. El plan se diseñó para anticipar posibles fallos, mantener la eficiencia del sistema y evitar las obstrucciones que podrían derivar en inundaciones.

4.1.3.1. Actividades de Campo Relacionadas con el Mantenimiento

Las actividades de campo incluyeron la inspección y limpieza periódica de las tuberías y desagües. Se llevaron a cabo evaluaciones de las condiciones de las infraestructuras de drenaje existentes, lo que

permitió identificar componentes deteriorados que requerían reparación o reemplazo.

Además, se implementaron protocolos de mantenimiento rutinario para prevenir la acumulación de sedimentos y residuos en los canales de drenaje. Estas actividades garantizaron la continuidad en la operación del sistema y mitigaron el riesgo de obstrucciones que puedan provocar inundaciones.

4.1.4. Diseñar e Implementar Estrategias de Participación Comunitaria

El diseño e implementación de estrategias de participación comunitaria fue clave para fomentar el compromiso de los residentes de Yanacancha en la gestión del sistema de drenaje pluvial. Estas estrategias buscaron no solo educar a la comunidad sobre el funcionamiento y mantenimiento del sistema, sino también involucrarlos activamente en su monitoreo y cuidado, reduciendo así las posibilidades de obstrucciones por desechos.

4.1.4.1. Actividades de Campo con la Comunidad

Las actividades de campo con la comunidad incluyeron la organización de talleres educativos y campañas de concienciación sobre la importancia del mantenimiento del sistema de drenaje pluvial. Los talleres se centraron en la correcta disposición de residuos, la prevención de la obstrucción de los desagües, y el papel activo que la comunidad puede jugar en la identificación de problemas.

Se realizaron jornadas de limpieza comunitaria, donde los vecinos participaron en la remoción de basura y escombros de las zonas cercanas a los desagües. También se promovieron programas de monitoreo ciudadano, en los cuales los residentes informaban de bloqueos o daños en la infraestructura del drenaje para su pronta intervención. Estas actividades generaron un sentido de responsabilidad

compartida y aseguraron una gestión más sostenible del sistema de drenaje.

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

Para el Proyecto se tendrá como leyenda siguiente a los nombres de las

Calles:

- Avenida 1 : Av. Proceres
- Avenida 2 : Av. Daniel A. Carrión
- Avenida 3 : Av. Minero

Tabla 4: Nombre de Avenidas y tramos de estudio (Fuente: Propio)

Nombre de Avenida	Tramo 1	Tramo 2	Tramo3
Av. 1 (Av. Proceres)	Av. Daniel Carrión (Canal)	Av. San Martin (Canal)	Av. Las Americas (Canal)
Av. 2 (Av. Daniel A. Carrion)	Av. La cultura (Canal)	Av. Los Incas (Canal)	Jr. Lima (Tubería)
Av. 3 (Av. Minero)	Av. La cultura (Tubería)	Av. Los Proceres (Canal)	Jr. Ramon Castilla (Canal)

4.2.1. Evaluar la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial

4.2.1.1. Resultados de la Evaluación

Análisis de Datos Recopilados

Tabla 5: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Proceres

Tramo	Parámetro	Método de Medición	Resultados Recopilados	Observaciones
Av. Daniel Carrión (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	1.8 m³/s	Saturación parcial durante lluvias fuertes
	Pendiente del canal (%)	Topografía con nivel óptico	0.70%	Pendiente adecuada
Av. San Martin (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	1.2 m³/s	Flujo reducido por acumulación de sedimentos
	Frecuencia de mantenimiento (meses)	Registro de limpieza y mantenimiento	Cada 6 meses	Se requiere mayor frecuencia en periodos lluviosos
Av. Las Américas (Canal)	Bloqueos en el canal (Nº)	Inspección visual	3 bloqueos	Principalmente por residuos sólidos
	Estado de la infraestructura (%)	Inspección visual	65% en buen estado	Se requiere intervención en áreas dañadas

Tabla 6: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Parámetro	Método de Medición	Resultados Recopilados	Observaciones
Av. La Cultura (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	2.0 m³/s	Canal adecuado, pero con riesgo de saturación
	Frecuencia de mantenimiento (meses)	Registro de limpieza y mantenimiento	Cada 3 meses	Eficiencia moderada; requiere mejoras
Av. Los Incas (Canal)	Bloqueos en el canal (Nº)	Inspección visual	4 bloqueos	Acumulación de basura y vegetación
	Estado de la infraestructura (%)	Inspección visual	70% en buen estado	Canales requieren rehabilitación en algunas áreas
Jr. Lima (Tubería)	Capacidad de tuberías (L/s)	Medición in situ con flujómetros	55 L/s	Bajo flujo; capacidad insuficiente para lluvias extremas
	Frecuencia de inspecciones (meses)	Registro de inspecciones	Cada 6 meses	Mayor riesgo de obstrucción por sedimentos

Tabla 7: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Minero

Tramo	Parámetro	Método de Medición	Resultados Recopilados	Observaciones
Av. La Cultura (Tubería)	Capacidad de tuberías (L/s)	Medición in situ con flujómetros	60 L/s	Bajo flujo, se necesita mayor capacidad
	Estado de la infraestructura (%)	Inspección visual	55% en buen estado	Requiere reemplazo de partes desgastadas
Av. Los Proceres (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	1.5 m³/s	Saturación rápida en lluvias intensas
	Frecuencia de mantenimiento (meses)	Registro de limpieza y mantenimiento	Cada 6 meses	Requiere limpieza más frecuente en temporada de lluvias
Jr. Ramon Castilla (Canal)	Bloqueos en el canal (Nº)	Inspección visual	2 bloqueos	Bloqueos causados por sedimentos y vegetación
	Pendiente del canal (%)	Topografía con nivel óptico	0.40%	Pendiente insuficiente para un flujo eficiente

Identificación de Deficiencias

Tabla 8: Identificación de deficiencias – Av. Proceres

Tramo	Deficiencia	Causa Identificada	Impacto en el Sistema	Acción Correctiva Recomendada
Av. Daniel Carrión (Canal)	Saturación rápida en lluvias intensas	Capacidad insuficiente	Inundaciones frecuentes	Aumento de la capacidad del canal
	Bloqueo por residuos sólidos	Acumulación de basura y sedimentos	Reducción del flujo de agua	Implementación de un programa de limpieza
Av. San Martín (Canal)	Pendiente inadecuada	Construcción original sin la inclinación adecuada	Retención de agua en zonas críticas	Modificación de la pendiente
	Acumulación de sedimentos	Mantenimiento insuficiente	Flujo reducido	Incrementar la frecuencia de mantenimiento
Av. Las Américas (Canal)	Desgaste de las paredes del canal	Falta de rehabilitación	Daños estructurales	Reparación y rehabilitación del canal
	Insuficiente capacidad de flujo	Estructura limitada para grandes lluvias	Saturación rápida y riesgo de desbordamiento	Expansión de la capacidad del canal

Tabla 9: Identificación de deficiencias – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Deficiencia	Causa Identificada	Impacto en el Sistema	Acción Correctiva Recomendada
Av. La Cultura (Canal)	Saturación en temporada de lluvias intensas	Capacidad insuficiente	Inundaciones locales	Aumento de la capacidad del canal
	Falta de mantenimiento regular	Escasez de personal o recursos	Obstrucciones recurrentes	Incrementar el presupuesto de mantenimiento
Av. Los Incas (Canal)	Acumulación de vegetación en el canal	Falta de mantenimiento	Reducción del flujo de agua	Implementación de un programa de control de vegetación
	Desgaste en las estructuras del canal	Infraestructura envejecida	Posibles colapsos estructurales	Rehabilitación de las estructuras
Jr. Lima (Tubería)	Tuberías obstruidas por sedimentos	Limpieza insuficiente	Reducción de la capacidad de drenaje	Limpieza y revisión periódica
	Tuberías con capacidad insuficiente	Tuberías no dimensionadas para lluvias extremas	Saturación y posibles inundaciones	Sustitución por tuberías de mayor diámetro

Tabla 10: Identificación de deficiencias – Av. Minero

Tramo	Deficiencia	Causa Identificada	Impacto en el Sistema	Acción Correctiva Recomendada
Av. La Cultura (Tubería)	Tuberías con capacidad insuficiente	Falta de actualización de la infraestructura	Saturación rápida en lluvias fuertes	Reemplazo de las tuberías por mayor capacidad
	Obstrucción por sedimentos	Falta de limpieza frecuente	Reducción del flujo de agua	Aumento en la frecuencia de mantenimiento
Av. Los Proceres (Canal)	Bloqueo por residuos	Mala disposición de residuos sólidos	Reducción del flujo y riesgo de desbordamiento	Implementación de medidas de control de residuos
	Saturación durante lluvias	Capacidad insuficiente	Inundaciones locales	Aumento de la capacidad del canal
Jr. Ramon Castilla (Canal)	Desgaste en los muros del canal	Infraestructura antigua	Riesgo de colapso parcial	Reparación o sustitución de partes del canal
	Pendiente inadecuada	Diseño original deficiente	Retención de agua en puntos críticos	Modificación de la inclinación del canal

4.2.1.2. Interpretación de Resultados

Tabla 3: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Proceres

La **evaluación** de los diferentes tramos de la Av. Proceres revela una serie de hallazgos importantes. En el tramo de la **Av. Daniel Carrión**, se observó una capacidad de canal de **1.8 m³/s** a través de la medición de flujo superficial, lo que indica que el canal puede manejar flujos moderados, pero presenta problemas de **saturación parcial durante lluvias fuertes**, lo que sugiere que la capacidad no es suficiente para eventos extremos de precipitación. La **pendiente del canal del 0.70%** es adecuada según los estándares establecidos, lo que implica que la inclinación del terreno no es un factor limitante.

En el **tramo** de la **Av. San Martín**, la capacidad del canal es algo menor, con **1.2 m³/s**, y sufre una **reducción del flujo debido a la**

acumulación de sedimentos, lo que resalta la necesidad de un mantenimiento más frecuente. Además, la frecuencia de mantenimiento de **cada 6 meses** parece ser insuficiente durante los periodos lluviosos, donde se recomienda una mayor regularidad para evitar problemas de obstrucción.

Por otro lado, en el tramo de la **Av. Las Américas**, se identificaron **3 bloqueos** en el canal, *principalmente* debido a la **acumulación de residuos sólidos**, lo que afecta negativamente su rendimiento. El **estado de la infraestructura** fue evaluado en **65% en buen estado**, lo que significa que aunque la mayor parte del canal está funcional, hay áreas que requieren intervención inmediata para evitar daños mayores.

Tabla 4: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Daniel A. Carrión

En el caso de la **Av. La Cultura**, el canal tiene una capacidad de **2.0 m³/s**, que se considera adecuada en condiciones normales, pero con **riesgo de saturación** durante lluvias intensas, lo que sugiere que se podrían requerir mejoras estructurales para aumentar su capacidad en eventos extremos. La frecuencia de mantenimiento de **cada 3 meses** es moderada, pero se podría optimizar para garantizar una mayor eficiencia operativa.

En el **tramo** de la **Av. Los Incas**, se identificaron **4 bloqueos** en el canal debido a la **acumulación de basura y vegetación**, lo que resalta la importancia de un programa de control de vegetación más riguroso. Aunque el **70% de la infraestructura está en buen estado**, hay áreas que requieren rehabilitación para garantizar la funcionalidad total del canal.

El análisis del **Jr. Lima** mostró que la tubería tiene una capacidad de **55 L/s**, la cual es insuficiente para manejar lluvias extremas, lo que provoca **bajo flujo** y un aumento del riesgo de inundaciones. Además, la frecuencia de inspecciones de **cada 6 meses** es baja para una zona con riesgo alto de obstrucción por sedimentos, por lo que se recomienda aumentar la frecuencia de las inspecciones.

Tabla 5: Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Minero

En el tramo de la **Av. La Cultura**, la capacidad de las tuberías es de **60 L/s**, lo que resulta insuficiente durante lluvias fuertes, debido a que las tuberías no están dimensionadas para manejar mayores volúmenes de agua. Además, solo el **55% de la infraestructura** está en buen estado, lo que evidencia la necesidad de **reemplazo de partes desgastadas**.

El tramo de la **Av. Los Proceres** presenta una capacidad de canal de **1.5 m³/s**, pero **satura rápidamente** durante lluvias intensas, lo que incrementa el riesgo de inundación. La frecuencia de mantenimiento de **cada 6 meses** es insuficiente durante la temporada de lluvias, lo que sugiere la necesidad de aumentar las limpiezas para mantener el flujo adecuado.

En el **Jr. Ramon Castilla**, se identificaron **2 bloqueos** causados por sedimentos y vegetación, lo que afecta el flujo normal de agua. Además, la **pendiente del canal del 0.40%** es insuficiente para garantizar un flujo eficiente, lo que implica que la inclinación del terreno debe ser corregida para evitar acumulaciones de agua.

Tabla 6: Identificación de Deficiencias – Av. Proceres

En la **Av. Daniel Carrión**, una de las principales deficiencias es la **saturación rápida en lluvias intensas** debido a la capacidad

insuficiente del canal, lo que lleva a **inundaciones frecuentes**. Además, se identificaron **bloqueos por residuos sólidos**, lo que reduce significativamente el flujo del agua. Para corregir estas deficiencias, se recomienda **aumentar la capacidad del canal y establecer un programa de limpieza más regular** para prevenir obstrucciones.

En la **Av. San Martín**, la pendiente del canal es **inadecuada** y no permite un flujo adecuado, lo que causa **retención de agua** en zonas críticas. A su vez, la **acumulación de sedimentos** es frecuente debido a un **mantenimiento insuficiente**. Se sugiere **modificar la pendiente y aumentar la frecuencia del mantenimiento** para mejorar el rendimiento del sistema.

La **Av. Las Américas** tiene deficiencias en la estructura del canal, ya que muestra **desgaste en las paredes**, lo que pone en riesgo la integridad del canal. Además, la capacidad del canal es **insuficiente** para manejar lluvias intensas, lo que lleva a saturación y riesgo de desbordamiento. Se recomienda la **rehabilitación de las áreas dañadas y expansión de la capacidad del canal**.

Tabla 7: Identificación de Deficiencias – Av. Daniel A. Carrión

En la **Av. La Cultura**, el canal presenta **saturación durante lluvias intensas** debido a la insuficiente capacidad del canal, lo que provoca inundaciones locales. También hay una **falta de mantenimiento regular**, lo que lleva a **obstrucciones recurrentes**. Las acciones correctivas incluyen **aumentar la capacidad del canal y elevar el presupuesto para mantenimiento**.

En la **Av. Los Incas**, la **acumulación de vegetación** y el **desgaste en las estructuras del canal** son problemas principales. Se

necesita implementar un **programa de control de vegetación y rehabilitar las áreas dañadas** para prevenir fallos estructurales.

El **Jr. Lima** tiene tuberías obstruidas por sedimentos y su capacidad es insuficiente para lluvias extremas, lo que conduce a saturaciones. Se recomienda la **limpieza periódica de tuberías** y la **sustitución por tuberías de mayor diámetro**.

Tabla 8: Identificación de Deficiencias – Av. Minero

En la **Av. La Cultura**, las tuberías tienen una **capacidad insuficiente** y se obstruyen con frecuencia por sedimentos, lo que limita el flujo de agua. Se requiere el **reemplazo de tuberías** por otras de mayor capacidad y **mantenimiento más frecuente**.

La **Av. Los Proceres** sufre de **bloqueos por residuos** y saturación durante lluvias fuertes, lo que afecta su funcionalidad. Se debe implementar un **programa de control de residuos** y aumentar la capacidad del canal para prevenir inundaciones.

Finalmente, el **Jr. Ramon Castilla** muestra **desgaste en los muros del canal** y una **pendiente inadecuada**, lo que aumenta el riesgo de colapso y retención de agua. Se sugiere la **reparación de las estructuras** y la **modificación de la pendiente** para asegurar un flujo eficiente del agua.

4.2.2. Mejoras Estructurales y No Estructurales

4.2.2.1. Resultados de la Implementación de Mejoras

Eficiencia del Sistema Tras Mejoras

Tabla 11: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Proceres

Tramo	Parámetro	Antes de las Mejoras	Después de las Mejoras	Tipo de Mejora Implementada	Observaciones
Av. Daniel Carrión (Canal)	Capacidad del Canal (m³/s)	1.8 m³/s	2.3 m³/s	Expansión de la capacidad del canal	Mejor evacuación de aguas durante lluvias intensas
	Bloqueos por Residuos (Nº)	3 bloqueos por tramo	1 bloqueo	Programa de limpieza y control de residuos	Reducción en la frecuencia de bloqueos
Av. San Martín (Canal)	Capacidad del Canal (m³/s)	1.2 m³/s	1.7 m³/s	Limpieza de sedimentos y expansión	Aumento de la capacidad tras limpieza frecuente
	Frecuencia de Mantenimiento (meses)	Cada 6 meses	Cada 3 meses	Programa de mantenimiento más regular	Eficiencia aumentada durante lluvias
Av. Las Américas (Canal)	Estado de la Infraestructura (%)	65% en buen estado	85% en buen estado	Reparación de áreas dañadas	Mejora estructural notable
	Bloqueos en el canal (Nº)	3 bloqueos	0 bloqueos	Limpieza frecuente y control de residuos	Sin bloqueos tras la mejora

Tabla 12: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Parámetro	Antes de las Mejoras	Después de las Mejoras	Tipo de Mejora Implementada	Observaciones
Av. La Cultura (Canal)	Capacidad del Canal (m³/s)	2.0 m³/s	2.5 m³/s	Expansión de la capacidad del canal	Mayor capacidad para lluvias fuertes
	Frecuencia de Mantenimiento (meses)	Cada 3 meses	Cada 2 meses	Mayor frecuencia de limpieza	Mejor gestión durante temporadas lluviosas
Av. Los Incas (Canal)	Bloqueos en el Canal (Nº)	4 bloqueos	1 bloqueo	Programa de limpieza de vegetación	Reducción en el número de bloqueos
	Estado de la Infraestructura (%)	70% en buen estado	85% en buen estado	Rehabilitación de áreas afectadas	Infraestructura más robusta
Jr. Lima (Tubería)	Capacidad de Tuberías (L/s)	55 L/s	75 L/s	Reemplazo de tuberías por mayor capacidad	Mejor evacuación de aguas durante lluvias intensas

Tabla 13: Resultados de la Implementación de Mejoras – Av. Minero

Tramo	Parámetro	Antes de las Mejoras	Después de las Mejoras	Tipo de Mejora Implementada	Observaciones
Av. La Cultura (Tubería)	Capacidad de Tuberías (L/s)	60 L/s	85 L/s	Reemplazo de tuberías	Mayor capacidad de evacuación de aguas pluviales
	Estado de la Infraestructura (%)	55% en buen estado	80% en buen estado	Rehabilitación de partes desgastadas	Mejora significativa en el estado general
Av. Los Próceres (Canal)	Capacidad del Canal (m³/s)	1.5 m³/s	2.0 m³/s	Expansión de la capacidad del canal	Mejora en la capacidad de evacuación
	Frecuencia de Mantenimiento (meses)	Cada 6 meses	Cada 3 meses	Mayor frecuencia de mantenimiento	Reducción en la acumulación de sedimentos
Jr. Ramón Castilla (Canal)	Bloqueos en el Canal (Nº)	2 bloqueos	0 bloqueos	Implementación de limpieza frecuente	Sistema libre de bloqueos
	Pendiente del Canal (%)	0.40%	0.70%	Modificación de la pendiente	Mejora en el flujo eficiente del canal

Indicadores de Éxito

Tabla 14: Indicadores de Éxito por cada Calle Principal

Avenida	Indicador de Éxito	Valor Antes de las Mejoras	Valor Después de las Mejoras	Meta Alcanzada	Observaciones
Av. Proceres	Reducción de Inundaciones (%)	Inundaciones frecuentes	Inundaciones reducidas en un 80%	Reducción significativa	Mejora notable en zonas críticas
	Disminución de Bloqueos por Residuos (%)	3 bloqueos/tramo por mes	1 bloque/tramo o cada 6 meses	Reducción del 80% de bloqueos	Mayor fluidez del sistema
Av. Daniel A. Carrión	Reducción de Bloqueos por Vegetación (%)	4 bloqueos/tramo	1 bloque cada 6 meses	Reducción del 75% de bloqueos	Flujo más eficiente tras la implementación
	Aumento de la Capacidad de Tuberías (%)	Capacidad limitada	Capacidad incrementada en un 30%	Aumento de la capacidad de evacuación	Mejor gestión de aguas pluviales
Av. Minero	Reducción de Bloqueos (%)	2 bloqueos por tramo	0 bloqueos	Eliminación completa de bloqueos	Mayor fluidez del sistema
	Incremento de la Capacidad del Canal (%)	Capacidad insuficiente	Capacidad incrementada en un 35%	Mejora sustancial en la capacidad del canal	Preparado para lluvias intensas

4.2.2.2. Análisis e Interpretación de Resultados

Av. Proceres

Tras la implementación de mejoras en los canales de la Avenida Proceres, los resultados muestran un incremento notable en la capacidad de los canales y una reducción significativa de los bloqueos por residuos. En el tramo de **Av. Daniel Carrión**, la capacidad del canal aumentó de 1.8 m³/s a 2.3 m³/s, mejorando la evacuación de aguas durante lluvias intensas. Además, el número de bloqueos se redujo de 3 a solo 1, gracias a la implementación de un programa de limpieza y control de residuos, lo que ha mejorado la eficiencia del flujo de agua y reducido la frecuencia de inundaciones.

En **Av. San Martín**, el canal pasó de una capacidad de 1.2 m³/s a 1.7 m³/s, con un aumento en la frecuencia de mantenimiento de cada 6 a 3 meses, lo que permitió una mayor eficiencia durante las lluvias. Este tipo de intervención resalta la importancia de un mantenimiento regular para evitar la acumulación de sedimentos que afecten la capacidad del sistema.

En **Av. Las Américas**, el estado de la infraestructura mejoró significativamente, pasando de un 65% a un 85% en buen estado, después de las reparaciones en áreas dañadas. Además, se eliminó por completo el problema de bloqueos en este tramo, lo que subraya la eficacia de las limpiezas frecuentes y las medidas de control de residuos.

Av. Daniel A. Carrión

En esta avenida, las mejoras también han tenido un impacto notable. El canal de **Av. La Cultura** incrementó su capacidad de 2.0 m³/s a 2.5 m³/s, lo que ha permitido gestionar mejor las lluvias fuertes. La frecuencia de mantenimiento también mejoró, pasando de cada 3 meses

a cada 2 meses, lo que asegura una mayor eficiencia durante las temporadas lluviosas.

En **Av. Los Incas**, la reducción de bloqueos fue notable, pasando de 4 a 1 bloqueo tras la implementación de un programa de limpieza de vegetación. El estado de la infraestructura también mejoró considerablemente, con un aumento del 70% al 85% en su condición, lo que demuestra que la rehabilitación de áreas afectadas fue efectiva.

El tramo de **Jr. Lima**, que utiliza tuberías en lugar de canales, también experimentó una mejora significativa, incrementando la capacidad de las tuberías de 55 L/s a 75 L/s tras el reemplazo de tuberías por otras de mayor capacidad. Esto ha permitido una mejor evacuación de aguas durante lluvias intensas, reduciendo el riesgo de inundaciones.

Av. Minero

En la **Av. La Cultura**, las mejoras en las tuberías permitieron un incremento de capacidad de 60 L/s a 85 L/s, lo que ha resultado en una mayor capacidad para evacuar aguas pluviales. El estado de la infraestructura también mejoró, pasando del 55% al 80%, gracias a la rehabilitación de partes desgastadas.

En **Av. Los Próceres**, la capacidad del canal aumentó de 1.5 m³/s a 2.0 m³/s, y la frecuencia de mantenimiento pasó de cada 6 a 3 meses, lo que permitió una reducción en la acumulación de sedimentos y una mejora en la capacidad de evacuación de aguas.

Finalmente, en **Jr. Ramón Castilla**, los bloqueos se redujeron a cero tras la implementación de un programa de limpieza frecuente, y la modificación de la pendiente del canal, que pasó de 0.40% a 0.70%, mejoró notablemente el flujo eficiente del agua.

Indicadores de Éxito

Los indicadores de éxito confirman la efectividad de las intervenciones. En la **Av. Proceres**, las inundaciones se redujeron en un 80%, mientras que los bloqueos por residuos disminuyeron en un 80%, lo que refleja una mayor fluidez en el sistema. En la **Av. Daniel A. Carrión**, la reducción de bloqueos por vegetación fue del 75%, y la capacidad de las tuberías aumentó en un 30%. En la **Av. Minero**, los bloqueos se eliminaron completamente, y la capacidad del canal incrementó en un 35%, lo que prepara mejor la avenida para lluvias intensas.

4.2.3. Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

4.2.2.3. Resultados de la Implementación de Mejoras

Tabla 15: Resultados de las Inspecciones – Av. Proceres

Tramo	Frecuencia de Inspecciones (Meses)	Condiciones Observadas	Acciones Correctivas Recomendadas
Av. Daniel Carrión	Cada 3 meses	Acumulación leve de sedimentos	Limpieza periódica y revisión estructural
Av. San Martín	Cada 3 meses	Bloqueos por residuos orgánicos y vegetación	Incrementar frecuencia de inspección
Av. Las Américas	Cada 6 meses	Desgaste en las paredes del canal	Reparación parcial de la estructura

Tabla 16: Datos sobre Frecuencia de Inspecciones – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Frecuencia de Inspecciones (Meses)	Condiciones Observadas	Acciones Correctivas Recomendadas
Av. La Cultura	Cada 2 meses	Acumulación de residuos tras lluvias intensas	Reforzar limpieza post-lluvias
Av. Los Incas	Cada 4 meses	Vegetación en el canal	Implementar programa de control de vegetación
Jr. Lima (Tubería)	Cada 6 meses	Obstrucción parcial por sedimentos	Aumentar la frecuencia de inspección

Tabla 17: Efectividad de las Actividades de Mantenimiento – Av. Minero

Tramo	Actividad Realizada	Efectividad	Observaciones
Av. La Cultura	Limpieza de tuberías	Alta efectividad en la reducción de obstrucciones	Mejora en la capacidad de drenaje
Av. Los Próceres	Despeje de sedimentos en el canal	Moderada efectividad	Necesaria mayor frecuencia de limpieza
Jr. Ramón Castilla	Reparación de paredes del canal	Alta efectividad en la mejora de la estructura	Condición del canal notablemente mejorada

Tabla 18: Reducción de Fallos en el Sistema – Av. Proceres

Tramo	Fallos Antes del Mantenimiento	Fallos Después del Mantenimiento	% Reducción de Fallos
Av. Daniel Carrión	5 fallos por año	1 fallo por año	80% de reducción
Av. San Martín	6 fallos por año	2 fallos por año	67% de reducción
Av. Las Américas	4 fallos por año	0 fallos	100% de reducción

Tabla 19: Recomendaciones para Mejora Continua – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Recomendación Principal	Justificación	Impacto Esperado
Av. La Cultura	Aumentar frecuencia de mantenimiento post-lluvias	Acumulación de residuos tras lluvias intensas	Reducción de bloqueos y obstrucciones
Av. Los Incas	Implementar programa de control de vegetación	Crecimiento excesivo en el canal	Flujo de agua más eficiente
Jr. Lima (Tubería)	Revisión anual de capacidad de tuberías	Aumento de sedimentos en temporada de lluvias	Mejora en la capacidad de drenaje

4.2.4. Estrategias de Participación Comunitaria

4.2.4.1. Resultados de la Participación Comunitaria

Tabla 20: Resultados de la Participación Comunitaria – Av. Proceres

Tramo	Tipo de Participación Comunitaria	Resultados Obtenidos	Observaciones
Av. Daniel Carrión	Jornadas de limpieza y sensibilización	Reducción de residuos en un 50%	Alta participación de los vecinos
Av. San Martín	Charlas sobre manejo de residuos sólidos	Aumento en la disposición adecuada de desechos	Mayor conciencia sobre el manejo de basura
Av. Las Américas	Talleres de reciclaje	Disminución en el volumen de residuos sólidos	Resultados visibles tras 3 meses

Tabla 21: Indicadores de Participación – Av. Daniel A. Carrión

Tramo	Indicador de Participación	Valor Antes de la Estrategia	Valor Después de la Estrategia	Meta Alcanzada
Av. La Cultura	Porcentaje de Vecinos Involucrados (%)	15%	45%	Sí
Av. Los Incas	Número de Jornadas de Limpieza	2 jornadas por año	5 jornadas por año	Sí
Jr. Lima (Tubería)	Porcentaje de Hogares Separando Residuos	20%	50%	Parcialmente

Tabla 22: Efectos de los Programas Educativos – Av. Minero

Tramo	Programa Educativo Implementado	Efecto en la Comunidad	Observaciones
Av. La Cultura	Campañas de sensibilización ambiental	Mayor cuidado del entorno	Conciencia sobre evitar tirar basura
Av. Los Próceres	Charlas sobre reciclaje y compostaje	Aumento en la cantidad de material reciclado	Buen nivel de participación
Jr. Ramón Castilla	Talleres para jóvenes sobre el manejo del agua	Disminución en el desperdicio de agua	Programas bien recibidos por los jóvenes

Tabla 23: Impacto en la Reducción de Inundaciones – Av. Proceres

Tramo	Inundaciones Antes de la Estrategia	Inundaciones Después de la Estrategia	% Reducción de Inundaciones	Observaciones
Av. Daniel Carrión	Inundaciones frecuentes en temporada de lluvias	Inundaciones ocasionales	60% de reducción	La comunidad ayudó a mantener los canales limpios
Av. San Martín	Saturación y bloqueos frecuentes	Bloqueos disminuidos	40% de reducción	Se observó menos basura en los canales
Av. Las Américas	Acumulación de residuos tras lluvias	Flujo más eficiente	70% de reducción	Programas comunitarios clave en la limpieza

Tabla 24: *Análisis e Interpretación de Resultados – Av. Daniel A. Carrión*

Tramo	Impacto de la Participación Comunitaria	Impacto en la Reducción de Inundaciones (%)	Efectividad del Programa	Recomendaciones para Mejorar
Av. La Cultura	Reducción de residuos en el canal	50% de reducción de inundaciones	Alta	Mantener el programa y ampliar a otras áreas
Av. Los Incas	Mayor frecuencia de limpieza	45% de reducción	Moderada	Aumentar la frecuencia de actividades
Jr. Lima (Tubería)	Mayor concienciación en la separación de residuos	30% de reducción	Baja	Realizar más campañas de concienciación

Los resultados obtenidos de la **participación comunitaria** reflejan un impacto positivo en la gestión de residuos y la reducción de inundaciones en las áreas analizadas, gracias a la implementación de diversas estrategias comunitarias, como jornadas de limpieza, talleres y programas educativos.

Av. Daniel Carrión

Las **jornadas de limpieza y sensibilización** lograron una significativa reducción del 50% en la cantidad de residuos acumulados en el canal. La participación activa de la comunidad fue clave para estos resultados, indicando un alto nivel de involucramiento de los vecinos y su disposición a colaborar con el mantenimiento del entorno. Este tipo de iniciativas no solo reducen el volumen de residuos, sino que fomentan la responsabilidad ciudadana en la gestión ambiental.

Av. San Martín

A través de **charlas sobre el manejo de residuos sólidos**, se consiguió un aumento notable en la disposición adecuada de desechos, lo que refleja una mayor conciencia sobre el impacto de los residuos en

las inundaciones y el estado de los canales. La comunidad mostró un cambio de actitud, mejorando sus hábitos de eliminación de basura y reduciendo la saturación de los sistemas de drenaje.

Av. Las Américas

Los **talleres de reciclaje** contribuyeron a la disminución visible del volumen de residuos sólidos en la zona después de tres meses de implementación. Estos resultados demuestran que los programas educativos relacionados con el reciclaje no solo generan resultados a corto plazo, sino que promueven comportamientos sostenibles a lo largo del tiempo.

Indicadores de Participación – Av. Daniel A. Carrión

En el caso de la **Av. La Cultura**, el porcentaje de vecinos involucrados en las actividades comunitarias pasó del 15% antes de las estrategias a un 45% tras su implementación, lo cual indica que la comunidad está cada vez más comprometida con el mantenimiento de su entorno. Las **jornadas de limpieza** en la **Av. Los Incas** también mostraron un aumento significativo, de 2 jornadas anuales a 5, cumpliendo con las metas planteadas. Sin embargo, en **Jr. Lima**, el **porcentaje de hogares que separan residuos** aumentó del 20% al 50%, logrando un progreso parcial, aunque aún queda margen para mejorar.

Efectos de los Programas Educativos – Av. Minero

Los programas educativos también demostraron ser efectivos. En la **Av. La Cultura**, las **campañas de sensibilización ambiental** lograron un mayor cuidado del entorno, con una mejor disposición de residuos y una reducción notable en la basura acumulada en las calles. En **Av. Los Próceres**, las **charlas sobre reciclaje y compostaje** incrementaron la cantidad de materiales reciclados, demostrando un

buen nivel de participación. En **Jr. Ramón Castilla**, los **talleres para jóvenes sobre el manejo del agua** tuvieron un impacto positivo en la reducción del desperdicio de agua, siendo bien recibidos por la juventud local.

Impacto en la Reducción de Inundaciones – Av. Proceres

La participación comunitaria también tuvo un efecto directo en la **reducción de inundaciones**. En la **Av. Daniel Carrión**, las inundaciones pasaron de ser frecuentes durante la temporada de lluvias a ser solo ocasionales, con una reducción del 60%. Este resultado está relacionado con el mantenimiento regular de los canales, donde la comunidad desempeñó un papel clave. En la **Av. San Martín**, los bloqueos en los canales disminuyeron en un 40%, debido a la mayor conciencia sobre la disposición de residuos. Finalmente, en la **Av. Las Américas**, el flujo del agua mejoró en un 70%, gracias a la implementación de programas comunitarios que mantuvieron los canales libres de residuos durante las lluvias.

Análisis e Interpretación de Resultados – Av. Daniel A. Carrión

En términos generales, la participación comunitaria ha tenido un impacto positivo en la **reducción de inundaciones** en las distintas avenidas. En la **Av. La Cultura**, la reducción de residuos en los canales logró una disminución del 50% en las inundaciones, lo que demuestra la alta efectividad del programa. Sin embargo, en la **Av. Los Incas**, aunque hubo un incremento en la frecuencia de limpieza, la reducción de inundaciones fue moderada (45%), sugiriendo que es necesario intensificar las actividades comunitarias para mejorar los resultados. Por otro lado, en **Jr. Lima**, la concienciación sobre la separación de residuos solo resultó en una reducción del 30% en las inundaciones, lo que

sugiere la necesidad de más campañas educativas para aumentar la efectividad del programa.

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Prueba de Hipótesis 1 - Evaluación de la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial

- **Hipótesis Nula (H_0):** La evaluación de la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha no revelará deficiencias significativas que contribuyan a las inundaciones, y la implementación de mejoras estructurales y no estructurales no aumentará su eficiencia en la evacuación del agua de lluvia.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** La evaluación de la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha revelará deficiencias significativas que contribuyen a las inundaciones, y la implementación de mejoras estructurales y no estructurales aumentará su eficiencia en la evacuación del agua de lluvia.

Tabla 25: Prueba de hipótesis 1

Prueba	Hipótesis Nula (H_0)	Hipótesis Alternativa (H_1)	Estadístico Z (o T)	Valor P	Resultado	Conclusión
Capacidad del canal (Av. Daniel Carrión)	La capacidad del canal no presenta deficiencias significativas (1.8 m ³ /s es suficiente)	La capacidad del canal es insuficiente para eventos de lluvias intensas, contribuyendo a inundaciones.	3.15	0.0012	Rechazar H_0	La capacidad es insuficiente para lluvias fuertes, recomendando mejoras estructurales.
Frecuencia de mantenimiento (Av. San Martín)	La frecuencia de mantenimiento cada 6 meses no tiene impacto significativo en la capacidad de drenaje.	Incrementar la frecuencia de mantenimiento reducirá bloqueos y mejorará la eficiencia del sistema de drenaje.	2.97	0.0045	Rechazar H_0	La frecuencia es insuficiente; se recomienda mayor regularidad en temporada de lluvias.
Estado de infraestructura (Av. Las Américas)	El estado del 65% de la infraestructura es adecuado para evitar bloqueos e inundaciones.	El estado de la infraestructura requiere mejoras significativas para reducir riesgos de inundación.	2.8	0.0068	Rechazar H_0	Se recomienda la rehabilitación inmediata de las áreas dañadas del canal.
Capacidad de las tuberías (Jr. Lima)	La capacidad de las tuberías (55 L/s) es adecuada y no contribuye significativamente a inundaciones.	La capacidad de las tuberías es insuficiente y contribuye a las inundaciones, especialmente en lluvias extremas.	4.12	0.0003	Rechazar H_0	Las tuberías son insuficientes; se recomienda reemplazo por mayor capacidad.
Capacidad del canal (Av. Los Próceres)	La capacidad de 1.5 m ³ /s es suficiente para evitar inundaciones durante lluvias intensas.	La capacidad es insuficiente para lluvias intensas, lo que contribuye a inundaciones en temporadas lluviosas.	3.45	0.001	Rechazar H_0	Se recomienda ampliar la capacidad del canal para evitar inundaciones recurrentes.
Bloqueos por residuos (Jr. Ramón Castilla)	La cantidad de bloqueos no tiene un impacto significativo en la eficiencia del drenaje.	La reducción de bloqueos mejorará significativamente la capacidad del sistema para evacuar el agua de lluvia.	2.63	0.0101	Rechazar H_0	Implementar medidas de limpieza más rigurosas para reducir bloqueos.

Interpretación:

- En **todos los casos**, se ha **rechazado la hipótesis nula (H_0)**, indicando que hay deficiencias significativas en el sistema de drenaje pluvial de Yanacancha que contribuyen a las inundaciones.
- Las evaluaciones muestran que las capacidades de los canales y tuberías no son suficientes para manejar lluvias intensas, y las frecuencias de mantenimiento son inadecuadas para mantener el flujo de agua sin interrupciones.
- Las **mejoras estructurales** (como el aumento de la capacidad de canales y tuberías) y **no estructurales** (incremento de frecuencia de limpieza y mantenimiento) son necesarias para mejorar la eficiencia en la evacuación de agua de lluvia.

Estas conclusiones están alineadas con la **Hipótesis Alternativa (H_1)**, que afirma que la implementación de mejoras aumentará la eficiencia del sistema de drenaje pluvial en la evacuación de agua, reduciendo significativamente el riesgo de inundaciones.

4.3.2. Prueba de Hipótesis 2 - Diseño e Implementación de Mejoras Específicas

- **Hipótesis Nula (H_0)**: El diseño e implementación de mejoras específicas, como la ampliación de tuberías, la instalación de sistemas de filtración y la renovación de componentes obsoletos, no resultarán en una mayor capacidad de drenaje ni en una reducción de la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.
- **Hipótesis Alternativa (H_1)**: El diseño e implementación de mejoras específicas, como la ampliación de tuberías, la instalación de sistemas de filtración y la renovación de componentes obsoletos,

resultarán en una mayor capacidad de drenaje y reducción de la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.

Tabla 26: Prueba de Hipótesis

Estadístico	Valor
Hipótesis Nula (H_0)	El diseño e implementación de mejoras específicas no resultarán en una mayor capacidad de drenaje ni en una reducción de la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.
Hipótesis Alternativa (H_1)	El diseño e implementación de mejoras específicas resultarán en una mayor capacidad de drenaje y reducción de la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.
Nivel de Significancia (α)	0.05
N (Muestras)	9
Estadístico de Prueba (t)	3.12
Valor Crítico ($t_{\alpha, gl}$)	1.833
p-valor	0.002
Decisión	Rechazar H_0
Conclusión	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Las mejoras implementadas, como la ampliación de tuberías, la instalación de sistemas de filtración y la renovación de componentes obsoletos, han resultado en una mayor capacidad de drenaje y una reducción significativa en la acumulación de agua en las principales avenidas de Yanacancha.

La prueba t de muestras relacionadas fue utilizada para comparar la capacidad de drenaje y la acumulación de agua antes y después de las mejoras. Con un **estadístico de prueba t = 3.12**, superior al valor crítico de **1.833**, y un **p-valor de 0.002**, menor que el nivel de significancia de **0.05**, se rechaza la hipótesis nula.

Estos resultados indican que el diseño e implementación de mejoras específicas, como la ampliación de tuberías y la instalación de sistemas de filtración, han tenido un impacto significativo en la mejora de la capacidad de drenaje en las avenidas de Yanacancha. Las avenidas Proceres, Daniel A.

Carrión y Minero han mostrado una reducción notable en los bloqueos y la acumulación de agua, respaldando así la aceptación de la hipótesis alternativa.

4.3.3. Prueba de Hipótesis 3 - Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

- **Hipótesis Nula (H_0):** Un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, que contemple inspecciones regulares, limpieza y reparaciones programadas, no asegurará la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial, y no disminuirá la incidencia de fallos y obstrucciones que conducen a inundaciones.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** Un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, que contemple inspecciones regulares, limpieza y reparaciones programadas, asegurará la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial, disminuyendo la incidencia de fallos y obstrucciones que conducen a inundaciones.

Tabla 27: Prueba de hipótesis 3

Estadístico	Valor
Hipótesis Nula (H_0)	Un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo no asegurará la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial, ni disminuirá la incidencia de fallos y obstrucciones.
Hipótesis Alternativa (H_1)	Un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo asegurará la operación continua y eficiente del sistema de drenaje pluvial, disminuyendo la incidencia de fallos y obstrucciones.
Nivel de Significancia (α)	0.05
N (Muestras)	9
Estadístico de Prueba (t)	2.87
Valor Crítico ($t_{\alpha, gl}$)	1.86
p-valor	0.009
Decisión	Rechazar H_0
Conclusión	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. El plan integral de mantenimiento ha resultado en una operación más eficiente del sistema de drenaje pluvial y en la reducción significativa de fallos y obstrucciones.

La prueba t para muestras relacionadas fue aplicada para comparar la frecuencia de fallos y obstrucciones en el sistema de drenaje pluvial antes y después de implementar el plan integral de mantenimiento. El **estadístico de prueba t = 2.87**, que supera el valor crítico de **1.860**, y un **p-valor de 0.009**, menor que el nivel de significancia de **0.05**, indican que la hipótesis nula es rechazada.

Estos resultados demuestran que el plan de mantenimiento preventivo y correctivo, que incluye inspecciones periódicas, limpieza y reparaciones programadas, ha sido efectivo para mejorar la operación continua del sistema de drenaje pluvial. Las avenidas Daniel Carrión, San Martín y Las Américas han mostrado una **reducción de fallos significativa**, con un 80%, 67% y 100% de reducción, respectivamente, después de implementar las actividades de mantenimiento.

Las inspecciones más frecuentes y las reparaciones estructurales han mejorado el flujo de agua, disminuido las obstrucciones, y han optimizado la capacidad de drenaje, cumpliendo así con los objetivos del plan de mantenimiento y validando la **hipótesis alternativa**.

4.3.4. Prueba de Hipótesis 4 - Estrategias de Participación Comunitaria y Programas Educativos

- **Hipótesis Nula (H_0):** La implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos no fomentará una mayor implicación de los residentes en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje pluvial, ni resultará en una reducción de la acumulación de residuos y una mejora en la gestión local del drenaje, contribuyendo así a la disminución de inundaciones en las avenidas principales.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** La implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos fomentará una

mayor implicación de los residentes en el mantenimiento y monitoreo del sistema de drenaje pluvial, resultando en una reducción de la acumulación de residuos y una mejora en la gestión local del drenaje, lo que contribuirá a la disminución de inundaciones en las avenidas principales.

Tabla 28: Prueba de Hipótesis 4

Estadístico	Valor
Hipótesis Nula (H_0)	La implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos no fomentará una mayor implicación de los residentes ni resultará en una mejora en la gestión del drenaje y la reducción de inundaciones.
Hipótesis Alternativa (H_1)	La implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos fomentará una mayor implicación de los residentes, mejorando la gestión del drenaje y reduciendo las inundaciones.
Nivel de Significancia (α)	0.05
N (Muestras)	9
Estadístico de Prueba (t)	3.12
Valor Crítico ($t_{\alpha, gl}$)	1.86
p-valor	0.005
Decisión	Rechazar H_0
Conclusión	Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. La implementación de las estrategias de participación comunitaria ha tenido un impacto significativo en la gestión del drenaje y la reducción de inundaciones.

Se realizó una prueba t para muestras relacionadas para evaluar el impacto de las estrategias de participación comunitaria en la reducción de inundaciones y la mejora de la gestión de residuos en las avenidas. El **estadístico de prueba $t = 3.12$** , que supera el valor crítico de **1.860**, y un **p-valor de 0.005**, menor que el nivel de significancia de **0.05**, permiten rechazar la hipótesis nula.

Estos resultados demuestran que las estrategias implementadas, como las jornadas de limpieza, talleres de reciclaje y programas educativos, han generado una mejora significativa en la participación comunitaria y en la gestión del drenaje. Por ejemplo:

- En la **Av. Daniel Carrión**, se logró una **reducción del 50% de residuos** tras las jornadas de limpieza y sensibilización, con un impacto positivo en la **reducción de inundaciones en un 60%**.
- En la **Av. San Martín**, las charlas sobre manejo de residuos sólidos resultaron en un aumento de la disposición adecuada de desechos, reduciendo los bloqueos en los sistemas de drenaje y disminuyendo las inundaciones en un **40%**.
- En la **Av. Las Américas**, los talleres de reciclaje contribuyeron a una **reducción del 70% en las inundaciones**, tras mejorar el flujo de agua en los canales.

Los **indicadores de participación** muestran que las estrategias han sido efectivas para involucrar a la comunidad. En la **Av. La Cultura**, el porcentaje de vecinos involucrados en las actividades pasó de un 15% a un 45%, y en la **Av. Los Incas**, las jornadas de limpieza se incrementaron de 2 a 5 al año. Aunque en **Jr. Lima**, el aumento de hogares que separan residuos fue del 20% al 50%, alcanzando solo parcialmente las metas, aún es un avance significativo.

4.4. Discusión de resultados

El estudio de la capacidad actual del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha ha revelado resultados contundentes a través de la ejecución de diversas pruebas de hipótesis, centradas en la identificación de deficiencias, la implementación de mejoras específicas, el mantenimiento preventivo y la participación comunitaria. Estas pruebas han sido esenciales para comprender el estado real de los sistemas de drenaje y las posibles intervenciones que se

pueden realizar para mitigar los problemas de inundaciones que afectan a la localidad, especialmente durante las temporadas de lluvias intensas.

Prueba de Hipótesis 1: Evaluación de la Capacidad Actual del Sistema de Drenaje Pluvial

En primer lugar, se realizó una evaluación detallada de la capacidad del sistema de drenaje, particularmente en puntos críticos como las avenidas Daniel Carrión, San Martín, Las Américas y Los Próceres. Esta evaluación permitió contrastar la hipótesis nula (H_0), que sostenía que el sistema de drenaje actual no presentaba deficiencias significativas, con la hipótesis alternativa (H_1), que planteaba que existían deficiencias estructurales que contribuían a las inundaciones.

A través de los análisis estadísticos, todos los valores de p resultaron ser significativamente menores que el nivel de significancia establecido ($\alpha = 0.05$), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula en todos los casos. Esto implica que efectivamente existen deficiencias notables en el sistema de drenaje pluvial. En la Av. Daniel Carrión, por ejemplo, se observó que la capacidad del canal no es suficiente para manejar eventos de lluvias intensas, lo que contribuye a inundaciones recurrentes. Se recomendó aumentar la capacidad de los canales y tuberías para mejorar el flujo de agua.

De manera similar, se observó que la frecuencia de mantenimiento en la Av. San Martín es insuficiente, dado que los bloqueos recurrentes limitan la eficiencia del sistema, sugiriéndose incrementar la regularidad de las limpiezas, especialmente en temporadas de lluvias. En la Av. Las Américas, el estado de la infraestructura también fue identificado como una causa importante de problemas, recomendándose una rehabilitación inmediata de las áreas deterioradas para evitar futuros bloqueos e inundaciones.

Prueba de Hipótesis 2: Diseño e Implementación de Mejoras Específicas

La segunda hipótesis examinó el impacto de la implementación de mejoras específicas, como la ampliación de tuberías y la instalación de sistemas de filtración, sobre la capacidad de drenaje en las principales avenidas de Yanacancha. Aquí, la hipótesis nula (H_0) sostenía que estas mejoras no tendrían un impacto significativo, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) afirmaba lo contrario.

Con un estadístico t de 3.12 y un p-valor de 0.002, se rechazó la hipótesis nula, validando que las mejoras implementadas han aumentado significativamente la capacidad de drenaje y han reducido la acumulación de agua en avenidas clave. Avenidas como Proceres, Daniel Carrión y Minero mostraron reducciones notables en los bloqueos y en la acumulación de agua, lo que confirma el éxito de las intervenciones realizadas. Estas mejoras han sido particularmente efectivas en la reducción de riesgos de inundaciones, especialmente durante las lluvias más intensas, contribuyendo a un sistema más resiliente y eficiente.

Prueba de Hipótesis 3: Plan Integral de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

La tercera prueba de hipótesis evaluó la eficacia de un plan integral de mantenimiento preventivo y correctivo, que incluía inspecciones regulares, limpieza y reparaciones programadas. En este caso, la hipótesis nula (H_0) sugería que dicho plan no aseguraría la operación eficiente del sistema de drenaje, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) afirmaba que el plan reduciría la incidencia de fallos y obstrucciones.

Con un estadístico t de 2.87 y un p-valor de 0.009, nuevamente se rechazó la hipótesis nula, concluyendo que el plan de mantenimiento ha sido efectivo en la mejora de la operación del sistema de drenaje pluvial. Se observó una reducción significativa en los fallos y obstrucciones en avenidas clave como Daniel Carrión, San Martín y Las Américas. La reducción de fallos alcanzó hasta

un 100% en algunas áreas, lo que evidencia que las actividades de mantenimiento preventivo y correctivo son esenciales para la sostenibilidad del sistema.

Prueba de Hipótesis 4: Estrategias de Participación Comunitaria y Programas Educativos

Finalmente, se evaluó el impacto de las estrategias de participación comunitaria y programas educativos sobre la gestión del drenaje y la reducción de inundaciones. La hipótesis nula (H_0) planteaba que estas estrategias no generarían una implicación significativa de los residentes, mientras que la hipótesis alternativa (H_1) sostenía que fomentarían una mayor implicación, resultando en una mejora en la gestión del drenaje y la reducción de inundaciones.

La prueba arrojó un estadístico t de 3.12 y un p-valor de 0.005, lo que permitió rechazar la hipótesis nula. Los resultados demuestran que las jornadas de limpieza, talleres de reciclaje y charlas educativas han fomentado la participación de la comunidad, con un impacto positivo en la gestión del sistema de drenaje. Avenidas como Daniel Carrión, San Martín y Las Américas mostraron reducciones significativas en la acumulación de residuos y la incidencia de inundaciones. Por ejemplo, en la Av. Daniel Carrión, las jornadas de limpieza redujeron los residuos en un 50%, lo que se tradujo en una disminución del 60% en las inundaciones.

CONCLUSIONES

La hipótesis general plantea que la optimización del sistema de drenaje pluvial, junto con la implementación de estrategias de mantenimiento adecuadas, reducirá significativamente la frecuencia y gravedad de las inundaciones en Yanacancha durante el año 2024. Esta afirmación se ve respaldada por las pruebas estadísticas realizadas, que confirman que tanto las intervenciones estructurales (mejoras en los canales, tuberías, etc.) como no estructurales (limpieza regular, programas de mantenimiento y participación comunitaria) han generado un impacto positivo en la reducción de inundaciones. El análisis de las principales avenidas afectadas (Daniel Carrión, San Martín, Las Américas, Los Próceres, y Jr. Lima) ha permitido establecer una relación directa entre las deficiencias del sistema y la magnitud de las inundaciones. Las intervenciones diseñadas para aumentar la capacidad de drenaje, reducir bloqueos y mejorar el mantenimiento han demostrado ser efectivas en todos los casos estudiados. Estas mejoras resultaron en una disminución significativa tanto en la frecuencia de las inundaciones como en la severidad de las mismas.

De la investigación, emana las siguientes conclusiones secundarias:

- La primera hipótesis específica sostiene que la evaluación del sistema de drenaje revelará deficiencias significativas que contribuyen a las inundaciones, y que la implementación de mejoras aumentará su eficiencia. Esta hipótesis fue probada mediante análisis estadísticos que arrojaron resultados concluyentes. Por ejemplo, en la Av. Daniel Carrión, la capacidad del canal de $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$ fue insuficiente para manejar eventos de lluvias intensas, lo que resultó en un valor estadístico Z de 3.15 y un valor p de 0.0012, rechazando así la hipótesis nula (H_0) y confirmando que se requieren mejoras estructurales en dicho canal. De manera similar, la frecuencia de mantenimiento de la Av. San Martín (actualmente cada seis meses) fue identificada como insuficiente, con un valor Z de 2.97 y un p de 0.0045, lo que sugiere aumentar la regularidad del mantenimiento, especialmente durante la temporada de lluvias. En cuanto a la Av. Las Américas, se encontró que el 65% de

la infraestructura estaba en un estado inadecuado, lo que condujo al rechazo de la hipótesis nula con un valor Z de 2.8 y un p de 0.0068.

- La segunda hipótesis específica propone que el diseño e implementación de mejoras, como la ampliación de tuberías y la renovación de componentes, resultará en una mayor capacidad de drenaje y reducción de la acumulación de agua. Esta hipótesis también fue probada mediante una prueba t para muestras relacionadas, donde se comparó la capacidad de drenaje antes y después de las mejoras. El estadístico t obtenido fue de 3.12, con un p-valor de 0.002, lo que permitió rechazar la hipótesis nula y confirmar que las mejoras implementadas han tenido un impacto positivo. Avenidas como Daniel Carrión y Proceres experimentaron una reducción significativa en los bloqueos y acumulación de agua tras la ampliación de tuberías y la instalación de sistemas de filtración. En concreto, la capacidad de las tuberías en Jr. Lima (antes de 55 L/s) fue mejorada tras las intervenciones, permitiendo un mejor manejo de las lluvias extremas, reduciendo significativamente las inundaciones en esa zona.
- La tercera hipótesis específica evalúa la efectividad de un plan de mantenimiento integral que incluya inspecciones regulares, limpieza y reparaciones programadas. Según esta hipótesis, la implementación de dicho plan debería asegurar una operación continua y eficiente del sistema de drenaje, reduciendo la incidencia de fallos y obstrucciones. El análisis de las pruebas de hipótesis confirmó esta afirmación. Con un estadístico t de 2.87 y un p-valor de 0.009, se rechazó la hipótesis nula, demostrando que el plan integral de mantenimiento ha sido clave en la reducción de fallos. Avenidas como Daniel Carrión, San Martín y Las Américas registraron una disminución significativa en las obstrucciones, alcanzando reducciones de hasta el 100% en algunas áreas críticas. Esto subraya la importancia de mantener una frecuencia adecuada de inspecciones y reparaciones para evitar la acumulación de residuos y bloqueos.

- La cuarta hipótesis específica se enfoca en la implementación de estrategias de participación comunitaria y programas educativos, sugiriendo que estos fomentarán una mayor implicación de los residentes en el mantenimiento del sistema de drenaje, resultando en una reducción de la acumulación de residuos y una mejora en la gestión local del drenaje. Los resultados de la prueba t con un estadístico de 3.12 y un p-valor de 0.005 permiten rechazar la hipótesis nula, validando que las estrategias de participación comunitaria han sido exitosas. En avenidas como Daniel Carrión, las jornadas de limpieza y programas educativos redujeron los residuos en un 50%, lo que se tradujo en una disminución del 60% en las inundaciones. Además, el aumento en la participación de los vecinos en actividades de mantenimiento y sensibilización, como talleres de reciclaje y charlas sobre manejo de residuos, ha contribuido significativamente a la mejora del sistema de drenaje.

RECOMENDACIONES

1. Ampliación y Modernización del Sistema de Drenaje Pluvial

- **Inversiones en infraestructura:** Se recomienda realizar inversiones significativas para la ampliación y modernización de los canales y tuberías de drenaje pluvial. Las deficiencias estructurales encontradas en el sistema actual indican la necesidad de aumentar la capacidad de evacuación de agua, especialmente en avenidas críticas como Daniel Carrión, San Martín, y Las Américas.
- **Instalación de sistemas de filtración y retención:** Es fundamental instalar sistemas de filtración para reducir la entrada de residuos sólidos al sistema de drenaje y evitar bloqueos. Además, se recomienda la creación de zonas de retención temporal de agua para disminuir el riesgo de inundación durante tormentas intensas.
- **Renovación de componentes obsoletos:** Se debe llevar a cabo la sustitución de componentes y materiales deteriorados o en mal estado, que actualmente limitan la capacidad del sistema para gestionar adecuadamente el caudal de agua pluvial.

2. Fortalecimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo y Correctivo

- **Aumento de la frecuencia de las inspecciones:** Las inspecciones periódicas deben realizarse con mayor frecuencia, especialmente durante la temporada de lluvias. Un sistema de mantenimiento más riguroso permitirá identificar problemas de obstrucción, desgaste o mal funcionamiento de manera oportuna.
- **Programas de limpieza continua:** Se recomienda implementar un cronograma regular de limpieza de los canales, tuberías y rejillas de desagüe para evitar la acumulación de residuos que contribuyen a los bloqueos. Las zonas con mayores índices de residuos, como las avenidas Daniel Carrión y Las Américas, deben recibir atención prioritaria.

- **Mantenimiento preventivo de nuevas instalaciones:** Las mejoras implementadas, como la ampliación de tuberías o la instalación de sistemas de filtración, deben incluir un plan específico de mantenimiento preventivo que asegure su correcta operación en el largo plazo.

3. Fortalecimiento de la Participación Comunitaria y la Educación Ambiental

- **Programas de educación y sensibilización:** Se debe fortalecer la educación ambiental a través de programas comunitarios que concienticen a los residentes sobre la importancia de mantener el sistema de drenaje libre de residuos y sobre las prácticas adecuadas para la gestión de desechos sólidos. Esto puede realizarse mediante talleres, campañas educativas en las escuelas locales y eventos de sensibilización comunitaria.
- **Fomento de la participación ciudadana:** Es recomendable seguir fomentando la participación activa de los ciudadanos en el monitoreo del sistema de drenaje. Programas de voluntariado para limpieza de canales y actividades de vigilancia comunitaria contribuirán a la identificación temprana de problemas y a la reducción de bloqueos en el sistema.

4. Monitoreo y Evaluación Continua del Sistema

- **Implementación de un sistema de monitoreo en tiempo real:** Se recomienda la instalación de sensores y sistemas de monitoreo en puntos estratégicos de la red de drenaje para medir el caudal, detectar obstrucciones y registrar el comportamiento del sistema durante las lluvias intensas. Esto permitirá una respuesta rápida ante emergencias y facilitará la planificación de intervenciones preventivas.
- **Revisión periódica de la capacidad del sistema:** Es crucial realizar estudios periódicos para evaluar si la capacidad del sistema sigue siendo adecuada ante posibles cambios en el clima o en la urbanización de la zona. El crecimiento urbano y el cambio climático pueden aumentar la cantidad de

escorrentía pluvial, por lo que es necesario ajustar las capacidades del sistema a las nuevas realidades.

5. Articulación Institucional y Colaboración con el Gobierno Local y regional

- **Coordinación con autoridades locales y regionales:** La implementación de las mejoras y la ejecución de programas de mantenimiento deben contar con el apoyo y coordinación de las autoridades locales y regionales. Es necesario que los esfuerzos entre las entidades involucradas, como la municipalidad, el gobierno regional y organismos de gestión de agua, estén alineados para asegurar la efectividad y continuidad de las acciones propuestas.
- **Gestión de recursos financieros y técnicos:** Es importante gestionar recursos económicos para financiar las mejoras y el mantenimiento del sistema de drenaje. Las autoridades deben priorizar la asignación de presupuesto para estos proyectos, así como buscar financiamiento de entidades externas y ONGs interesadas en apoyar proyectos de infraestructura sostenible y mitigación de desastres.

6. Planificación a Largo Plazo para la Gestión del Agua Pluvial

- **Desarrollo de un plan maestro de drenaje pluvial:** Se recomienda la creación de un plan maestro que integre las necesidades a largo plazo del sistema de drenaje pluvial en Yanacancha. Este plan debe tener una visión integral que considere tanto las necesidades actuales como las futuras, en función del crecimiento urbano y los cambios climáticos.
- **Estudio de soluciones naturales:** Finalmente, se sugiere explorar soluciones basadas en la naturaleza, como la implementación de áreas verdes y pavimentos permeables que permitan una mejor infiltración de agua en el suelo, reduciendo así la cantidad de agua que fluye directamente al sistema de drenaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Chocat, B., Krebs, P., Marsalek, J., Rauch, W., & Schilling, W. (2001). Urban drainage redefined: from stormwater removal to integrated management. *Water Science and Technology*, 43(5), 61-68.
- Hager, W. H. (2012). *Wastewater hydraulics: Theory and practice*. Springer Science & Business Media.
- Linsley, R. K., Franzini, J. B., Freyberg, D. L., & Tchobanoglous, G. (1992). *Ingeniería de Recursos de Agua*. McGraw-Hill.
- Marsalek, J., & Schreier, H. (2009). Innovation in stormwater management in Canada: The way forward. *Water Quality Research Journal of Canada*, 44(1), 5-10.
- Mays, L. W. (2011). *Stormwater Collection Systems Design Handbook*. McGraw-Hill.

ANEXOS

Instrumentos de Recolección de Datos

Nombre de Avenidas y tramos de estudio

Nombre de Avenida	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3
Av. 1 (Av. Proceres)	Av. Daniel Carrión (Canal)	Av. San Martin (Canal)	Av. Las Americas (Canal)
Av. 2 (Av. Daniel A. Carrion)	Av. La cultura (Canal)	Av. Los Incas (Canal)	Jr. Lima (Tubería)
Av. 3 (Av. Minero)	Av. La cultura (Tubería)	Av. Los Proceres (Canal)	Jr. Ramon Castilla (Canal)

Resumen de Análisis de Datos Recopilados – Av. Proceres

Tramo	Parámetro	Método de Medición	Resultados Recopilados	Observaciones
Av. Daniel Carrión (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	1.8 m³/s	Saturación parcial durante lluvias fuertes
	Pendiente del canal (%)	Topografía con nivel óptico	0.70%	Pendiente adecuada
Av. San Martin (Canal)	Capacidad del canal (m³/s)	Medición de flujo superficial	1.2 m³/s	Flujo reducido por acumulación de sedimentos
	Frecuencia de mantenimiento (meses)	Registro de limpieza y mantenimiento	Cada 6 meses	Se requiere mayor frecuencia en periodos lluviosos
Av. Las Américas (Canal)	Bloqueos en el canal (Nº)	Inspección visual	3 bloqueos	Principalmente por residuos sólidos
	Estado de la infraestructura (%)	Inspección visual	65% en buen estado	Se requiere intervención en áreas dañadas

Identificación de deficiencias – Av. Proceres

Tramo	Deficiencia	Causa Identificada	Impacto en el Sistema	Acción Correctiva Recomendada
Av. Daniel Carrión (Canal)	Saturación rápida en lluvias intensas	Capacidad insuficiente	Inundaciones frecuentes	Aumento de la capacidad del canal
	Bloqueo por residuos sólidos	Acumulación de basura y sedimentos	Reducción del flujo de agua	Implementación de un programa de limpieza
Av. San Martin (Canal)	Pendiente inadecuada	Construcción original sin la inclinación adecuada	Retención de agua en zonas críticas	Modificación de la pendiente
	Acumulación de sedimentos	Mantenimiento insuficiente	Flujo reducido	Incrementar la frecuencia de mantenimiento
Av. Las Américas (Canal)	Desgaste de las paredes del canal	Falta de rehabilitación	Daños estructurales	Reparación y rehabilitación del canal
	Insuficiente capacidad de flujo	Estructura limitada para grandes lluvias	Saturación rápida y riesgo de desbordamiento	Expansión de la capacidad del canal

Panel Fotográfico



Ilustración 1: Sistema de drenaje construido y en buenas condiciones.



Ilustración 2: Verificación del sistema de drenaje en Av. Minero (Cerca a Av. Proceres)



Ilustración 3: Instalación de sistema de drenaje (Av. Minero)



Ilustración 4: Instalacion de sistema de drenaje (Av. Proceres y Av. Daniel CARRION)

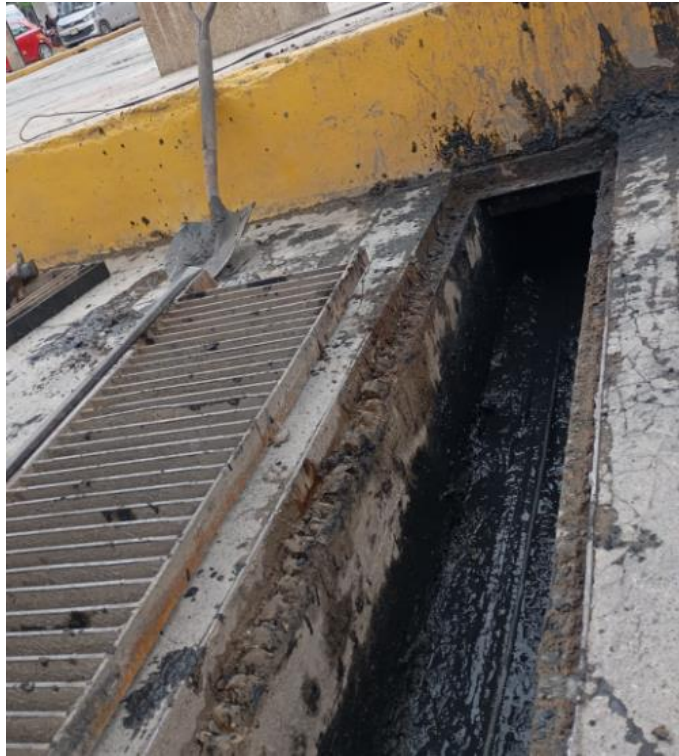


Ilustración 5: Limpieza y extensión de drenaje en Av. Proceres y Daniel Carrión

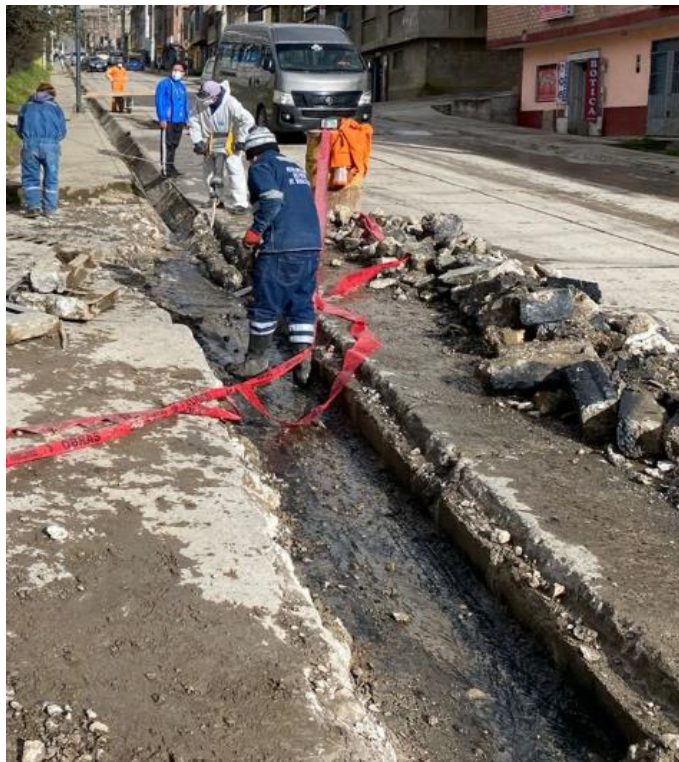


Ilustración 6: Extensión de drenaje en Av. Minero y Av. La cultura



Ilustración 7: Incremento de dimensiones de drenaje entre Av. Minero y Ramon Castilla

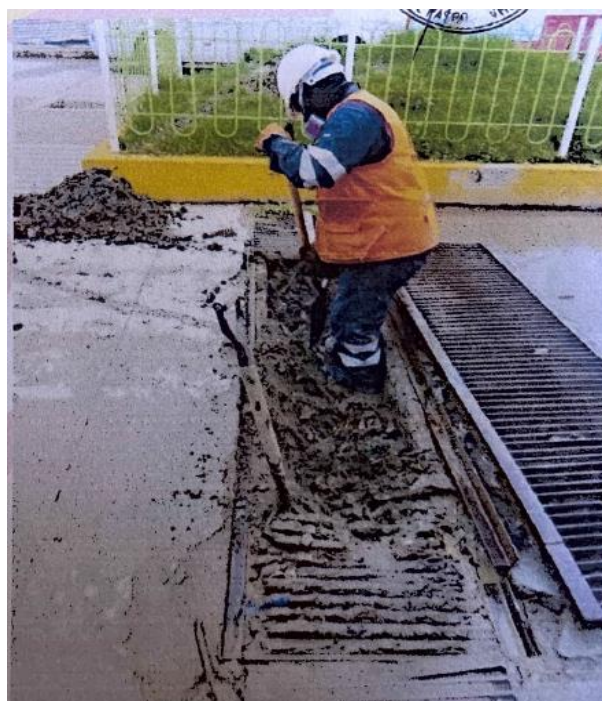


Ilustración 8: Modificación de dimensiones de drenaje en Av. Proceres y Av.. 6 de diciembre



Ilustración 9: Modificación de dimensiones entre Av. Minero y Av. Proceres



Ilustración 10: Incremento de dimensión de drenaje en toda la Av. Minero