

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE INGENIERÍA



Evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal Valle Callacate –
Sinchimache para el diseño de obras de arte, Cutervo – 2021

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

AUTOR

Willar Herrera Rojas

ASESOR

Maiquel López Silva

Rioja, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	WILLAR
Apellidos	HERRERA ROJAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71890188
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	MAIQUEL
Apellidos	LÓPEZ SILVA
Tipo de documento de identidad	Pasaporte
Número del documento de identidad	J448546
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-0946-6160

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	VICTOR
Apellidos	GARCÉS DIAZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	32860015

Datos del segundo miembro

Nombres	DAYMA SADAMI
Apellidos	CARMENATES HERNANDEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	49086915

Datos del tercer miembro

Nombres	EDWIN JHON
Apellidos	AQUISE DUEÑAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71461245

Datos de la obra

Materia*	hidráulica aplicada, máximas avenidas, obras de arte, drenaje de carretera
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: enlace	https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Tesis
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: enlace	732016

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).



FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA N° 066-2023-UCSS-FI/TPICIV

**SUSTENTACION DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL
FILIAL: RIOJA**

Los Olivos, 06 de diciembre del 2023

Siendo las 12:00 horas del 06 de diciembre del 2023, utilizando los recursos para la videoconferencia disponibles en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se dio inicio a la sustentación de la Tesis:

Evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache para el diseño de obras de arte, Cutervo – 2021

Por el Bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil:

HERRERA ROJAS, WILLAR

Ante el Jurado calificador conformado por el:

Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor

Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami

Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon

Presidente

Secretario

Miembro

Siendo las 13:30 horas, habiendo sustentado y atendido las preguntas realizadas por cada uno de los miembros del jurado; y luego de la respectiva deliberación, el jurado le otorgó la calificación de:

APROBADO

En mérito a la calificación obtenida se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue al Bachiller HERRERA ROJAS, WILLAR el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

En señal de conformidad firmamos,

.....
Mg. AQUISE DUEÑAS, Edwin Jhon
Miembro

.....
Dra. CARMENATES HERNANDEZ, Dayma Sadami
Secretario

.....
Mgr. GARCÉS DÍAZ, Víctor
Presidente

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Lima, 20 de octubre de 2023

Señor(a),
Víctor Garcés Díaz
Jefe del Departamento de Investigación/Coordinador Académico de Unidad de Posgrado
Facultad Ingeniería UCSS

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: Evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache para el diseño de obras de arte, Cutervo – 2021, presentado por Herrera Rojas, Willar (2014101710 y DNI 71890188) para optar el título profesional de Ingeniero Civil ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 13%** (poner el valor del porcentaje).* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



LOPEZ SILVA, MAIQUEL
CE: 002946058
ORCID: 0000-0002-0946-6160
Facultad de Ingeniería UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se le dedico a Dios con todo mi corazón por darme la segunda oportunidad de vivir y de guiarme el camino para permitirme concluir con mi objetivo.

A mi madre Lucia Rojas Llamas; por guiarme, apoyarme y aconsejarme, para salir adelante a pesar de todos los obstáculos.

A mi padre Agustín Herrera Guevara quien es mi motor y mi mayor inspiración y razón de mi vida.

A mi hermana María Sabina, Wilmer y a todos mis hermanos, por las cuales me esfuerzo en seguir creciendo para ser el ejemplo para seguir.

Por último, a mis profesores, amigos y compañeros que me han brindado sus conocimientos y amistad para poder seguir adelante planteándome nuevas metas.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco al Dr. Msc. Ing. Maiquel López Silva asesor de tesis por brindarme el tiempo, apoyo y conocimientos para la realización de este proyecto de investigación de tesis en todo el desarrollo.

A mis padres por siempre estar ahí de brindarme su apoyo económico y moral para seguir adelante y es gracias a ti que mis ganas de crecer no cesan y que esta meta cumplida que es el inicio de un objetivo.

Agradezco a los profesores de la facultad de ingeniería civil por haberme brindado sus conocimientos para poder desempeñar mi carrera profesional día a día.

Agradezco a mis compañeros de la facultad y amigos ya que, gracias al compañerismo, me han aportado las ganas de seguir creciendo en mi carrera profesional, y también a mi alma mater Universidad Católica Sedes Sapientiae, mi casa de estudios.

RESUMEN

La presente investigación consistió en realizar la evaluación hidrológica e hidráulica del Camino Vecinal Valle Callacate- Sinchimache para el diseño de obras de arte. Se determinó el índice de tráfico, características del suelo, topografía y una serie histórica de precipitaciones de 50 años con un estricto análisis estadístico. Los caudales de escorrentía se estimaron por modelos convencionales y numéricos para definir el más probable en las microcuencas mediante las herramientas de AutoCAD civil 3D, ArcMap, TREND y HEC-HMS. El diseño hidráulico de las obras de drenaje se precisó con los softwares HY8 y HCanales. Como principales resultados fueron que el índice de tráfico normal es de 48, mientras que, el suelo se caracterizó suelos arcillosos y limosos. Se diseñaron estructuras de drenaje, como cunetas, alcantarillas y badenes, considerando periodos de retorno de 10, 25 y 50 años. Se delimitaron 17 microcuencas tributarias al camino Vecinal, donde los tiempos de concentración promedio se encontraron dentro del rango de 54.67 a 59.71 minutos/s, para lo cual se necesitó como obras de drenajes 17 badenes, 49 cunetas y 8 alcantarillas TMC de 48" y 60". El presupuesto final del sistema de drenaje fue de S/ 3 483 716, 37.

Palabras claves: hidráulica aplicada, máximas avenidas, obras de arte, drenaje de carretera.

ABSTRACT

This research project consisted of carrying out a hydrological and hydraulic evaluation of the Valle Callacate- Sinchimache Road for the design of works of art. Traffic index, soil characteristics, topography and a 50-year historical rainfall series were determined with a strict statistical analysis. Runoff flows were estimated by conventional and numerical models to define the most probable in the micro-watersheds using AutoCAD civil 3D, ArcMap and HEC-HMS tools. The hydraulic design of the drainage works was specified with the HY8 and HCanal software. The main results were that the normal traffic index is 48, while the soil is characterized by clayey and silty soils. Drainage structures were designed, such as ditches, culverts and speed bumps, considering return periods of 10, 25 and 50 years. Seventeen micro-watersheds were delimited tributary to the neighborhood road, where the average concentration times were found to be within the range of 54.67 to 59.71 minutes/s, for which 17 speed bumps, 49 ditches and 8 TMC culverts of 48" and 60" were needed as drainage works. The final budget for the drainage system was S/ 3,483,716.37.

Keywords: applied hydraulics, maximum avenues, works of art, road drainage.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	<i>ii</i>
AGRADECIMIENTO.....	<i>iii</i>
RESUMEN.....	<i>iv</i>
ABSTRACT.....	<i>v</i>
ÍNDICE.....	<i>vi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>x</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>xiv</i>
INTRODUCCIÓN.....	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</i>	<i>4</i>
1.1. Formulación del problema.....	<i>6</i>
1.1.1. Problema principal.....	<i>6</i>
1.1.2. Problemas secundarios.....	<i>6</i>
1.2. Objetivos de la investigación.....	<i>6</i>
1.2.1. Objetivo principal.....	<i>6</i>
1.2.2. Objetivos secundarios.....	<i>6</i>
1.3. Justificación e importancia de la investigación.....	<i>7</i>
1.3.1. Justificación.....	<i>7</i>
1.3.2. Importancia.....	<i>8</i>
1.4. Delimitación del área de investigación.....	<i>9</i>
1.5. Limitaciones de la investigación.....	<i>11</i>
<i>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</i>	<i>12</i>
2.1. Antecedentes nacionales e internacionales.....	<i>12</i>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	<i>12</i>
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	<i>14</i>

2.2. Bases teóricas	17
2.2.1. Estudios de tráfico	17
2.2.2. Tipos de vehículos.....	18
2.2.3. Estudio topográfico	18
2.2.5. Evaluación hidrológica e hidráulica	20
2.2.6. Análisis estadístico de datos hidrológicos.....	24
2.2.7. Hidráulica.....	26
2.2.8. Presupuesto de proyectos	32
2.3. Definición de términos básicos	35
<i>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN.....</i>	<i>37</i>
1.1. Hipótesis principal.....	37
1.2. Hipótesis secundarias	37
1.3. Variables.....	37
1.4. Operacionalización de las variables	37
<i>CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN</i>	<i>38</i>
4.1. Diseño de ingeniería.....	38
4.2. Métodos y técnicas del proyecto	39
4.3. Diseño estadístico.....	40
4.3.1. Población	40
4.3.2. Muestra.....	40
4.3.3. Muestreo.....	40
4.4. Técnicas y herramientas estadísticas	41
4.4.1. Técnicas de recolección de datos	41
4.4.2. Técnicas de laboratorio	41
4.4.3. Instrumentos	42
<i>CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL</i>	<i>44</i>

5.1. Proyecto piloto, pruebas y ensayos.....	44
5.1.1. Reconocimiento del terreno.....	44
5.1.2. Información Geográfica – Cartográfica.....	45
5.1.3. Estudio de tráfico.....	47
5.1.4. Estudio Topográfico	48
5.1.5. Estudio de mecánica de suelos	49
5.1.6. Diseño del pavimento del camino vecinal en estudio.....	51
5.2. Aplicación estadística.....	53
<i>CAPÍTULO 6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>	<i>58</i>
6.1. Resultados	58
6.1.1. Estudio de tráfico	58
6.1.2. Topografía.....	58
6.1.3. Condiciones del suelo.....	72
6.1.4. Estudio Hidrológico	74
6.1.5. Parámetros geomorfológicos.....	82
6.1.6. Análisis de la tormenta.....	84
6.1.7. Estimación de caudales	91
6.1.8. Diseño de cunetas.....	96
6.1.9. Diseño de badenes.....	107
6.1.10. Diseño de alcantarillas	112
6.1.11. Metrados.....	125
6.1.12. Análisis de costos unitarios	128
6.1.13. Presupuesto	131
6.1.14. Contrastación de hipótesis.....	138
6.2. Conclusiones	141
6.3. Recomendaciones	143

FUENTES DE INFORMACIÓN	144
i. Anexos.....	152
Anexo 1: Operacionalización de variables	152
Anexo 2: Resultados del Conteo Vehicular del día con mayor flujo-Domingo.....	154
Anexo 3: Registro fotográfico de ensayos de laboratorio realizados	156
Anexo 4: Registro fotográfico de levantamiento topográfico realizado.	158
Anexo 5: Registro de Precipitaciones.....	161
Anexo 6: Matriz de consistencia	164
Anexo 7: Cálculo diseño badenes con H canales	166
Anexo 8: Planos de diseño	170
Anexo 9: Plano de ubicación.....	178
Anexo 10: Cálculo estructural de badenes	179
Anexo 11: Cálculo estructural alcantarillas.....	199
Anexo 12: Resultados de ensayos de laboratorio.....	221
Anexo 13: Precios y cantidades de recursos.....	242

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache</i>	10
Figura 2 <i>Camino vecinal de estudio</i>	11
Figura 3 <i>Riesgos en excedencias para eventos de diseño</i>	23
Figura 4 <i>Alcantarilla</i>	28
Figura 5 <i>Sección longitudinal de badén</i>	30
Figura 6 <i>Planta de badén</i>	31
Figura 7 <i>Diseño de investigación</i>	39
Figura 8 <i>Obra de arte de la zona de estudio</i>	44
Figura 9 <i>Ubicación de la zona de estudio</i>	46
Figura 10 <i>Ubicación del punto de control (BM) 01 en campo</i>	60
Figura 11	61
Figura 12 <i>Plano relieve microcuencas UH 01,02 y 03</i>	66
Figura 13 <i>Plano relieve microcuencas UH 04</i>	67
Figura 14 <i>Plano relieve microcuencas UH 05, 06 y 07</i>	68
Figura 15 <i>Plano relieve microcuencas UH 08 y 09</i>	69
Figura 16 <i>Plano relieve microcuencas UH 10, 11 y 12</i>	70
Figura 17 <i>Plano relieve microcuencas UH 13, 14 y 15</i>	71
Figura 18 <i>Precipitación máxima 24 horas, promedio anual, en la estación Cutervo</i> ..	75
Figura 19 <i>Gráfico del ajuste de distribuciones teóricas</i>	81
Figura 20 <i>Curvas IDF método Grobe O Dyck y Peschke</i>	87
Figura 21 <i>Hietograma de diseño TR=25 método Grobe O Dyck y Peschke</i>	87
Figura 22 <i>Hietograma de diseño TR=50 método Grobe O Dyck y Peschke</i>	88
Figura 23 <i>Geometría de cuneta</i>	96
Figura 24 <i>Sección típica de cunetas</i>	96
Figura 25 <i>Caudal superficial que transporta la cuneta</i>	97
Figura 26 <i>Sección de badenes 6.00m</i>	108
Figura 27 <i>Geometría badenes</i>	109
Figura 28 <i>Diseño alcantarilla de 48”</i>	113

Figura 29 <i>Diseño alcantarilla de 60”</i>	114
Figura 30 <i>Diseño estructural en alcantarilla</i>	123
Figura 31 <i>Plano de ubicación del tramo del proyecto</i>	124
Figura 32 <i>Ensayo de Granulometría- Tamizado de los agregados obtenidos.</i>	156
Figura 33 <i>Ensayo de Límites de Atterberg en la Copa de Casagrande.</i>	156
Figura 34 <i>Ensayos de Contenido de Humedad Natural y Sales Solubles</i>	157
Figura 35 <i>Ensayo de Proctor Modificado-Compactación de muestra en el molde.</i> ..	157
Figura 36 <i>Levantamiento topográfico de la carretera Callacate- Sinchimache- Panel 1</i>	158
Figura 38 <i>Baden 1</i>	166
Figura 39 <i>Baden 2</i>	166
Figura 40 <i>Baden 3</i>	166
Figura 41 <i>Baden 7</i>	167
Figura 42 <i>Baden 11</i>	167
Figura 43 <i>Baden 12</i>	167
Figura 44 <i>Baden 13</i>	168
Figura 45 <i>Baden 14</i>	168
Figura 46 <i>Baden 15</i>	168
Figura 47 <i>Baden 16</i>	169
Figura 48 <i>Baden 17</i>	169
Figura 49 <i>Plano Alcantarilla TMC 48”</i>	170
Figura 50 <i>Plano Alcantarilla TMC 60”</i>	171
Figura 51 <i>Plano Alcantarilla Pase de agua TMC 8”</i>	172
Figura 52 <i>Plano Badén 01</i>	173
Figura 53 <i>Plano Badén 02</i>	174
Figura 54 <i>Plano Badén 03</i>	175
Figura 55 <i>Plano Badén 04</i>	176
Figura 56 <i>Plano detalle de Cuneta</i>	177
Figura 57 <i>Plano de Ubicación del Proyecto de estudio</i>	178
Figura 58 <i>Memoria de cálculo estructural (Log=4.00 mts) del anexo 10.</i>	179

Figura 59 <i>Metrado de la carga (Log=4.00 mts).</i>	180
Figura 60 <i>Diseño con función elástica</i>	181
Figura 61 <i>Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=4.00 mts)</i>	182
Figura 62 <i>Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=4.00 mts)</i>	182
Figura 63 <i>Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=4.00 mts).</i>	182
Figura 64 <i>Memoria de cálculo estructural (Log=6.00 mts) del anexo 10.</i>	184
Figura 65 <i>Metrado de la carga (Log=6.00 mts).</i>	185
Figura 66 <i>Diseño con función elástica</i>	185
Figura 67 <i>Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=6.00 mts)</i>	187
Figura 68 <i>Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=6.00 mts)</i>	187
Figura 69 <i>Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=6.00 mts).</i>	187
Figura 70 <i>Memoria de cálculo estructural (Log=8.00 mts) del anexo 10.</i>	189
Figura 71 <i>Metrado de la carga (Log=8.00 mts).</i>	190
Figura 72 <i>Diseño con función elástica</i>	190
Figura 73 <i>Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=8.00 mts)</i>	191
Figura 74 <i>Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=8.00 mts)</i>	192
Figura 75 <i>Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=8.00 mts).</i>	192
Figura 76 <i>Memoria de cálculo estructural (Log=10.00 mts) del anexo 10.</i>	194
Figura 77 <i>Metrado de la carga (Log=8.00 mts).</i>	195
Figura 78 <i>Diseño con función elástica</i>	195
Figura 79 <i>Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=10.00 mts)</i>	196
Figura 80 <i>Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=10.00 mts)</i>	197
Figura 81 <i>Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=10.00 mts)</i>	197
Figura 82 <i>Forma geométrica de la alcantarilla TMC 48"</i>	199
Figura 83 <i>Propiedades de diseño de sección para hoja CSP corrugada.</i>	201
Figura 84 <i>Propiedades de corrugación y acero (TMC 48")</i>	202
Figura 85 <i>Cargas (TMC 48")</i>	202
Figura 86 <i>Cargas vivas (TMC 48")</i>	203
Figura 87 <i>Cargas vivas de carreteras y ferrocarriles (TMC 48")</i>	203
Figura 88 <i>Diseño de presión (TMC 48")</i>	204

Figura 89 <i>Relleno granular para diámetro de 48"</i>	205
Figura 90 <i>Anillo de compresión.</i>	205
Figura 91 <i>Tensión de Compresión</i>	206
Figura 92 <i>Tensión de Compresión</i>	206
Figura 93 <i>Información de la Tabla 6.2. y Tabla 6.3 TMC 48"</i>	207
Figura 94 <i>Verificación de la rigidez</i>	208
Figura 95 <i>Detalles de la alcantarilla TMC 48"</i>	209
Figura 96 <i>Forma geométrica de la alcantarilla TMC 60"</i>	210
Figura 97 <i>Propiedades de diseño de sección para hoja CSP corrugada (TMC 60").</i>	212
Figura 98 <i>Propiedades de corrugación y acero (TMC 60")</i>	213
Figura 99 <i>Cargas (TMC 60")</i>	213
Figura 100 <i>Cargas vivas (TMC 60")</i>	214
Figura 87 <i>Cargas vivas de carreteras y ferrocarriles (TMC 60")</i>	214
Figura 102 <i>Diseño de presión (TMC 60")</i>	215
Figura 103 <i>Relleno granular para diámetro de 60"</i>	216
Figura 104 <i>Anillo de compresión TMC 60"</i>	216
Figura 105 <i>Tensión de Compresión TMC 60"</i>	217
Figura 105 <i>Espesor de Pared TMC 60"</i>	217
Figura 107 <i>Información de la Tabla 6.2. y Tabla 6.3 TMC 60"</i>	218
Figura 108 <i>Verificación de Rigidez TMC 60"</i>	219
Figura 109 <i>Detalles de la alcantarilla TMC 60"</i>	220

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Coordenadas del C.P Valle Callacate - Sinchimache</i>	11
Tabla 2 <i>Valores máximos de riesgos admisibles de obras de drenaje</i>	24
Tabla 3 <i>Normas NTP- ASTM</i>	50
Tabla 4 <i>Relación de ensayos</i>	51
Tabla 5 <i>Estación meteorológica ubicada en el área de estudio</i>	52
Tabla 6 <i>Proyección de tráfico</i>	58
Tabla 7 <i>Ubicación de puntos de control (BMS)</i>	59
Tabla 8 <i>Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 1 hasta la 4</i>	62
Tabla 9 <i>Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 5 hasta la 7</i>	63
Tabla 10 <i>Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 8 hasta la 11</i>	64
Tabla 11 <i>Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 12 hasta la 14</i>	65
Tabla 12 <i>Resultado de Laboratorio</i>	73
Tabla 13 <i>Resultado de agresividad del suelo.</i>	73
Tabla 14 <i>Resultado de nivel de agua subterránea.</i>	74
Tabla 15 <i>Resultado del C.B.R de diseño del camino vecinal</i>	74
Tabla 16 <i>Análisis de datos dudosos- Estación Cutervo (1970-2020)</i>	75
Tabla 17 <i>Prueba de bondad de ajuste</i>	77
Tabla 18 <i>Distribuciones teóricas de ajuste</i>	78
Tabla 19 <i>Parámetros geomorfológicos de las microcuencas</i>	82
Tabla 20 <i>Parámetros de cauce de unidades hidrológicas</i>	83
Tabla 21 <i>Periodos de retorno según MTC</i>	85
Tabla 22 <i>Tiempos de concentración 17 UH</i>	88
Tabla 23 <i>Estadística tiempos de concentración 17 UH</i>	90
Tabla 24 <i>Caudales de diseño para obras de arte</i>	91
Tabla 25 <i>Análisis de parámetros estadísticos caudal de diseño 25 años</i>	93
Tabla 26 <i>Análisis de parámetros estadísticos caudal de diseño 50 años</i>	94
Tabla 27 <i>Diseño cunetas trapezoidal</i>	98
Tabla 28 <i>Caudal y puntos de descarga cunetas</i>	101

Tabla 29 <i>Características de diseño de cunetas trapezoidal</i>	104
Tabla 30 <i>Principales resultados análisis de badenes</i>	107
Tabla 31 <i>Resumen diseño de badenes</i>	109
Tabla 32 <i>Características hidráulicas de badenes</i>	111
Tabla 33 <i>Diámetro de alcantarillas</i>	112
Tabla 34 <i>Resumen datos estructurales alcantarilla 4,5,6,7 y 8</i>	115
Tabla 35 <i>Parámetros alcantarilla 4 (TMC 60")</i>	115
Tabla 36 <i>Resumen alcantarilla 4 TMC 60"</i>	117
Tabla 37 <i>Resumen alcantarilla 5 TMC 60"</i>	118
Tabla 38 <i>Resumen alcantarilla 6 TMC 60"</i>	119
Tabla 39 <i>Resumen alcantarilla 7 TMC 60"</i>	120
Tabla 40 <i>Resumen alcantarilla 8 TMC 60"</i>	121
Tabla 41 <i>Resumen metrados</i>	125
Tabla 42 <i>Resumen recursos</i>	128
Tabla 43 <i>Resumen presupuesto</i>	131
Tabla 44 <i>Matriz de Operacionalización de variables</i>	152
Tabla 45 <i>Conteo vehicular</i>	154
Tabla 46 <i>Precipitación máxima 24h estación Cutervo</i>	161
Tabla 47 <i>Matriz de consistencia del estudio</i>	164
Tabla 48 <i>Datos para el cálculo estructural badenes (Log=4.00 mts) anexo 10</i>	179
Tabla 49 <i>Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=4.00 mts)</i>	181
Tabla 50 <i>Armadura longitudinal y transversal (Log=4.00 mts).</i>	183
Tabla 51 <i>Acero mínimo en losas (Log=4.00 mts).</i>	183
Tabla 52 <i>Datos para el cálculo estructural badenes (Log=6.00 mts) anexo 10</i>	184
Tabla 53 <i>Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=6.00 mts)</i>	186
Tabla 54 <i>Armadura longitudinal y transversal (Log=6.00 mts).</i>	188
Tabla 55 <i>Acero mínimo en losas (Log=6.00 mts).</i>	188
Tabla 56 <i>Datos para el cálculo estructural badenes (Log=8.00 mts) anexo 10</i>	189

Tabla 57 <i>Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=8.00 mts)</i>	191
Tabla 58 <i>Armadura longitudinal y transversal (Log=8.00 mts).</i>	192
Tabla 59 <i>Acero mínimo en losas (Log=8.00 mts).</i>	193
Tabla 60 <i>Datos para el cálculo estructural badenes (Log=10.00 mts) anexo 10</i>	194
Tabla 61 <i>Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=8.00 mts)</i>	196
Tabla 62 <i>Armadura longitudinal y transversal (Log=10.00 mts).</i>	197
Tabla 63 <i>Acero mínimo en losas (Log=10.00 mts).</i>	198
Tabla 64 <i>Parámetros para alcantarillas tipo TMC Ø 48"</i>	200
Tabla 65 <i>Diseño de alcantarillas tipo TMC Ø 48"</i>	201
Tabla 66 <i>Parámetros para alcantarillas tipo TMC Ø 60"</i>	211
Tabla 67 <i>Diseño de alcantarillas tipo TMC Ø 60"</i>	212

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el desarrollo de proyectos viales se ha vuelto muy relevante, ya que al conectar diferentes comunidades o localidades se pretende generar turismo, trabajo y otros parámetros económicos que benefician la sostenibilidad social y económica (Caballero y Cencía, 2018).

A nivel mundial, se llevan a cabo estudios hidrológicos e hidráulicos para evaluar las condiciones en distintas cuencas hidrográficas existentes. Según Pérez y Vanegas (2016), en su estudio realizado en la cuenca del Río Frío, ubicada en el municipio de Chía (Bogotá), determinaron que cuenta con las condiciones favorables en funcionamientos adecuados en sus sistemas de drenaje. Sin embargo, se manifestó la existencia de un posible riesgo de inundaciones en el sector.

Por otro lado, Carrión y Orellana (2016) citan que, el estudio de sistemas de drenaje en vías principales son muy importantes dado que ha permitido la determinación de las condiciones de un área específica con la finalidad de prevenir problemas futuros.

Las precipitaciones que caen sobre el suelo se escurren de inmediato en corrientes de agua que en gran parte se evaporan o infiltran en el terreno. Sin embargo, cuando esta infiltración alcanza una carretera y ésta no tiene los materiales que se necesitan para transportarla o desviarla, se generan inundaciones, debilitamiento de las infraestructuras e incluso erosiones o derrumbes.

Las estructuras en drenajes superficiales son para vital importancia, y han permitido el control y manejos eficientes de agua en vías al reducir su cantidad y permitir su salida inmediata hasta llegar a la vía. Es por ello, que resulta crucial proveer a las poblaciones de un buen sistema de drenaje, como alternativas importantes para mejorar sus condiciones para la vida.

Dentro del drenaje superficial se pueden encontrar diversas obras que se orientan a recolectar aguas de lluvia, permitiendo transporte y evacuaciones a través de cauces naturales, alcantarillado y cunetas. Estas últimas son zanjas o canales construidos a uno o ambos lados de una vía para conducir el agua de lluvias. También, están las alcantarillas, conductos cerrados de forma variada construidos transversalmente a la vía, debajo del nivel de la subrasante de carreteras, los badenes, y estructuras hidráulicas construidas de modo transversal al eje de carreteras a fin de pasar a un caudal de agua.

En el año 2020, en algunas zonas del Perú, realizó estudios hidrológicos para diseñar sistemas de drenaje de lluvia con el objetivo de buscar posibles soluciones ante épocas de intensas lluvias. Según Escudero y Pérez (2019), brindar una alternativa de solución permitirá prevenir problemas sociales y económicos en una población.

En el distrito de Cutervo, el tramo de caminos vecinales que parte desde el C.P. Valle Callacate hasta el C.P. Sinchimache se considera una vía con muchas deficiencias. Dicha zona, presenta deslizamientos de suelo arcilloso, suelos y rocas sueltos, curvas angostas, hundimientos y colapsos totales durante épocas de intensas lluvias, lo que genera el malestar de toda la población que transita por ella. En otras palabras, la falta de drenaje pluvial es un grave problema que se presenta antes del inicio de las temporadas de lluvia.

Además, en la región, se ha identificado una problemática relacionada con la falta de investigación o proyectos para solucionar el problema de drenaje identificado en la zona. Esta falta de atención a la infraestructura vial ha generado malestar en la población que transita por esta vía, la cual presenta deficiencias. Por ello, es muy importante realizar un estudio hidrológico e hidráulico para el diseño de obras de arte, para que haya un control manejo de las aguas pluviales y brinden mejores condiciones de vida a las comunidades.

Ante ello, se realiza la investigación con el objetivo de evaluar las condiciones actuales del tramo del camino vecinal del C.P. Valle Callacate al C.P. Sinchimache y diseñar obras de arte entre ellas cunetas, badenes y alcantarillas, mediante un estudio hidrológico e hidráulico, como solución a la ausencia de drenaje pluvial en la vía. De esta manera, se busca mejoras en calidad de vida de comunidades que transitan por este camino.

El presente estudio se divide en seis capítulos:

En el Capítulo I, se presenta la formulación del problema, objetivos, justificación, delimitación, viabilidad y limitaciones de la investigación.

En el Capítulo II, se centra en los antecedentes de la investigación y bases teóricas donde se define cada término utilizado.

En el Capítulo III, se mencionó las hipótesis y variables de cada estudio, así como la operacionalización de las variables.

En el Capítulo IV, se enfoca en el diseño de la investigación, los métodos y técnicas del proyecto, así como las técnicas y herramientas estadísticas.

En el Capítulo V, se formuló el desarrollo experimental, el proyecto piloto, y la aplicación estadística.

Finalmente, en el Capítulo VI se presentan los resultados, conclusiones obtenidas de acuerdo con los objetivos establecidos, y recomendaciones.

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Diferentes regiones del mundo experimentan dificultades comparables en el drenaje de las carreteras. Las precipitaciones intensas, las duras condiciones meteorológicas y determinadas características topográficas pueden provocar la acumulación de agua en las carreteras, lo que da lugar a problemas como charcos, daños en el pavimento y disminución de la visibilidad. Estos problemas no sólo afectan negativamente al disfrute del viaje, sino que también generan riesgos para la seguridad de los conductores (Mochamad et al., 2019).

Las carreteras son vías esenciales para transportar bienes y personas entre los estados, y la resiliencia de esta se ha vuelto esencial para las ciudades y los estados, ya que apoyan la seguridad y la riqueza de la economía, de modo especial ante una economía global que se ha vuelto cada vez más dependiente de la movilidad de bienes, información y personas. Esto es cierto para casos como Nebraska, ya que el sistema de transporte compuesto por 10.000 millas de carreteras y más de 3500 puentes son el eje de la economía del estado. Las inundaciones pueden afectar a la fiabilidad, sostenibilidad y producción de una carretera de varias maneras. Esto incluye tanto los impactos directos, como el daño físico a la infraestructura de transporte, como los impactos indirectos, como la interrupción del flujo de tráfico, las interrupciones comerciales y el aumento de las emisiones. Los cambios previstos en las condiciones climáticas, incluido aumentos en frecuencia e intensidad de las precipitaciones, complicarán aún más el desafío de la obstrucción del agua (Anderson, 2022).

El análisis a nivel macro, tomando como referencia el caso de Colombia, revela que las carreteras en este país se ven frecuentemente expuestas a la acción de la lluvia debido a los altos promedios de precipitación, que superan los 2000 mm por año en gran parte de su territorio. Esta condición, sumada a presencias en numerosos pasos de agua y topografía montañosa, plantea desafíos significativos en términos de drenaje. Para garantizar la seguridad y funcionalidad de las carreteras, es crucial implementar sistemas de drenaje eficientes y realizar una evaluación hidrológica e hidráulica adecuada, considerando la cantidad y la intensidad de las precipitaciones, la topografía que existe y la presencia en cuerpos de agua, y diseñar obras de arte, pues estos permiten un adecuado flujo de agua y eviten problemas como inundaciones, erosión del suelo y daños en infraestructura de vías (Posso, 2016).

En el caso de Perú, el drenaje de carreteras es un tema relevante debido a la diversidad de climas y la presencia de cordilleras en el país. Las lluvias fuertes en sierra y selva, combinadas con la topografía montañosa, pueden ocasionar la erosión del suelo y el desprendimiento de materiales, lo que afecta la estabilidad de las carreteras y puede dar lugar a deslizamientos de tierra. Asimismo, en la costa peruana, la presencia de desiertos y ausencia de sistemas que drenen adecuadamente pueden ocasionar problemas de inundación y erosión costera (Curay, 2022). Según un informe de Provias Nacional, se destaca el progreso en la ingeniería en Perú, tanto en la investigación de nuevas tecnologías como en el desarrollo de proyectos en pro de la satisfacción las necesidades poblacionales. Además, en Perú la extensión de infraestructura vial, indica que la red vial nacional cuenta con la mayor cantidad de pavimentación, seguida de la red vial departamental y por último la vecinal-rural. Estos datos demuestran los esfuerzos realizados para mejorar la conectividad y el acceso a través de una red vial más extensa y adecuadamente pavimentada (Aguilar y Amarillo, 2021).

En el contexto local del camino vecinal Valle Callacate - Sinchimache en Cutervo, los desafíos específicos relacionados con el drenaje se deben a la topografía variada y el clima particular del lugar de estudio. La falta de evaluación hidrológica e hidráulica adecuada puede llevar a problemas como la acumulación de agua en la vía, la formación de zonas embarradas y el deterioro prematuro del pavimento. Estos inconvenientes no solo afectan la transitabilidad de la vía, sino que también generan riesgos para los vehículos y los peatones, además de aumentar el coste en mantenimiento y reparación de esta construcción vial. El problema del drenaje en el camino vecinal Valle Callacate - Sinchimache en Cutervo, y la falta de construcciones adecuadas genera una serie de problemas pertinentes que exigen consideración y la aplicación de soluciones adecuadas.

En conclusión, el problema del drenaje en el camino vecinal Valle Callacate - Sinchimache en Cutervo no solo se circunscribe al ámbito local, sino que también está influenciado por desafíos internacionales y nacionales relacionados con el drenaje de carreteras y otras estructuras. La evaluación hidrológica e hidráulica es fundamental para abordar estas problemáticas y proponer soluciones adecuadas que permitan un manejo eficiente del agua, garantizando la perpetuación, seguridad y funcionalidad para la construcción vial.

1.1. Formulación del problema

1.1.1. Problema principal

¿Cuáles son las condiciones hidrológica e hidráulica del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache para el diseño de obras de arte?

1.1.2. Problemas secundarios

- ¿Cuáles son las características técnicas, topográficas y geotécnicas del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache?
- ¿Cuáles son las máximas avenidas de la cuenca hidrográfica Chamaya?
- ¿Cuál es el diseño hidráulico y estructural de las obras de arte para evacuar los caudales de escorrentía en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache?
- ¿Cuál es el presupuesto del proyecto en las obras de arte del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo principal

Evaluar las condiciones hidrológicas e hidráulicas del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache para el diseño de obras de arte, Cutervo – 2021.

1.2.2. Objetivos secundarios

- Obtener las características técnicas, topográficas y geotécnicas en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache.
- Determinar las máximas avenidas de la cuenca hidrográfica Chamaya.
- Realizar el diseño hidráulico y estructural de las obras de arte, cunetas, badenes y alcantarillas en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache.
- Realizar los metrados, análisis de costos unitarios y presupuesto del proyecto en el camino vecinal Valle Callacate - Sinchimache.

1.3. Justificación e importancia de la investigación

1.3.1. Justificación

Práctica: Es necesario evitar el deterioro y colapso del camino vecinal en épocas de intensas lluvias. Por ello, se tienen que proponer estrategias para contribuir en la solución de este problema, como el efecto que trae consigo las lluvias intensas como inundaciones al no contar con obras de arte necesarias en la vía a estudiar. La aplicación práctica se demuestra en el diseño de obras de arte pues mejora la situación del camino en estudio. Finalmente, esta investigación es justificada en aspectos prácticos, pues se encarga de desarrollar esta propuesta con el fin de brindar una alternativa de solución para la población de los C.P. Valle Callacate y Sinchimache, puesto que permitirán contribuir a mejoras de la calidad de vida con un drenaje pluvial que sirva de contingencia ante intensas lluvias, controlando el agua que de modo superficial va escurriendo hacia la carretera.

Social: El diseñar obras de arte, entre ellas cunetas, badenes y alcantarillas en camino de estudio, será vital e importante para mejorar las vías de transporte; debido a que genera aportes significativos en la sociedad, lo que permite mejoras en calidad de vida en comunidades, lo cual comprende a un número de beneficiarios aproximadamente de 2 289 personas que son las que más utilizan el camino vecinal. En este aspecto, el estudio hidrológico e hidráulico es una forma de diseñar de estructuras en drenajes de lluvia, permite brindar grandes beneficios en las poblaciones e impactando así de manera positiva en la sociedad. Por otro lado, el permitirá evitar inundaciones y problemas relacionados con el exceso de agua en las vías. Esto es especialmente relevante en áreas propensas a lluvias intensas o temporadas de huracanes, ya que ayuda a prevenir daños en infraestructuras y protege a los residentes de posibles riesgos. Además, implementar estas obras de arte facilita que haya transitabilidad en servicios para emergencia como ambulancias y bomberos. El acceso rápido y seguro a las áreas afectadas para ocasiones en emergencia donde haría diferencia entre salvar vidas y enfrentar situaciones críticas. Asimismo, beneficiará a los usuarios del transporte público, como los buses escolares, al garantizar rutas seguras y eficientes para el traslado de estudiantes. Otro aspecto social relevante es el aumento en el transporte de mercancías hacia la población. Un diseño adecuado de las vías de transporte permite un flujo más fluido

de camiones y vehículos de reparto, lo cual beneficia a los comerciantes y a la economía local.

Económica: Esta investigación brindará una eficiente alternativa para mejoras en calidad de vida en esta localidad, permitiendo así ahorro en costo de mantenimiento en vehículos que circulan en esta vía, al tener una propuesta adecuada de una infraestructura en óptimas condiciones en la camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache, mediante la reducción de costos de flete para transporte de las producciones agrícolas en ambos caseríos, impulsando así el desarrollo y crecimiento económico de los pobladores. Además, proporcionará un proyecto de drenaje de carretera económico y eficiente que será inferior a los 3 500, 000 00 nuevos soles.

Metodológica: Esta tesis presenta relevancia en el aspecto metodológico, ya que, permite explicar su validez del estudio mediante la demostración de la eficiencia que pueden presentar las obras de drenaje propuestas para el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache, garantizando así su buen funcionamiento, y aportando una correcta alternativa.

Teórica: Esta investigación es justificada teóricamente, pues analiza conocimientos existentes, y mediante su aplicación, teniendo como base las normativas existentes y vigentes en nuestro país, genera nuevos conocimientos buscando brindar la mejor propuesta a la problemática planteada. En síntesis, proporcionará un orden teórico demostrativo de los métodos más precisos para la zona en estudio, los cuales podrían ser replicados en otras regiones con similares condiciones.

Técnica: Esta tesis se considera de gran relevancia, ya que, realiza una propuesta viable que cumple con todos los parámetros normativos, cuyo objetivo es brindar una alternativa que permita soluciones ante elevadas precipitaciones. De esta manera, se considera que, las cunetas, alcantarillas y badenes propuestos en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache garantizarán un buen drenaje pluvial superficial.

1.3.2. Importancia

La importancia se fundamenta en la necesidad que tiene el camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache de contar con obras de arte en el tramo 0+000 –

18+000 de la zona de estudio, que conecta a las poblaciones del C.P. Valle Callacate y Sinchimache con un total de 2289 personas que son las que utilizan este camino. Además, los pobladores de la localidad de Cutervo (aproximadamente alrededor de 63 058 habitantes) necesitan contar con vías que sean fáciles de acceder en adecuadas condiciones ante la eventualidad en épocas de máximas avenidas. Se generan diversos beneficios, como el incremento en niveles productivos, venta, además del rubro agrícola y ganadero. También, es innovadora la propuesta para facilitar y ayudar los conocimientos a estudios de la región porque existen escasos estudios de caminos vecinales como es Valle Callacate – Sinchimache, donde es novedoso y relevante poder realizar estudios hidrológicos e hidráulicos para esta zona de estudio.

En la hidrología es importante considerar con frecuencia los diversos diseños de obras civiles, sea en la proyección, construcción o supervisión para la correcta función de las instalaciones hidráulicas, sanitarias, entre otras, garantizando mejoras en la situación de vida en una localidad. Este estudio, se considera esencial ya que se encarga de determinar la capacidad del diseño de obras civiles.

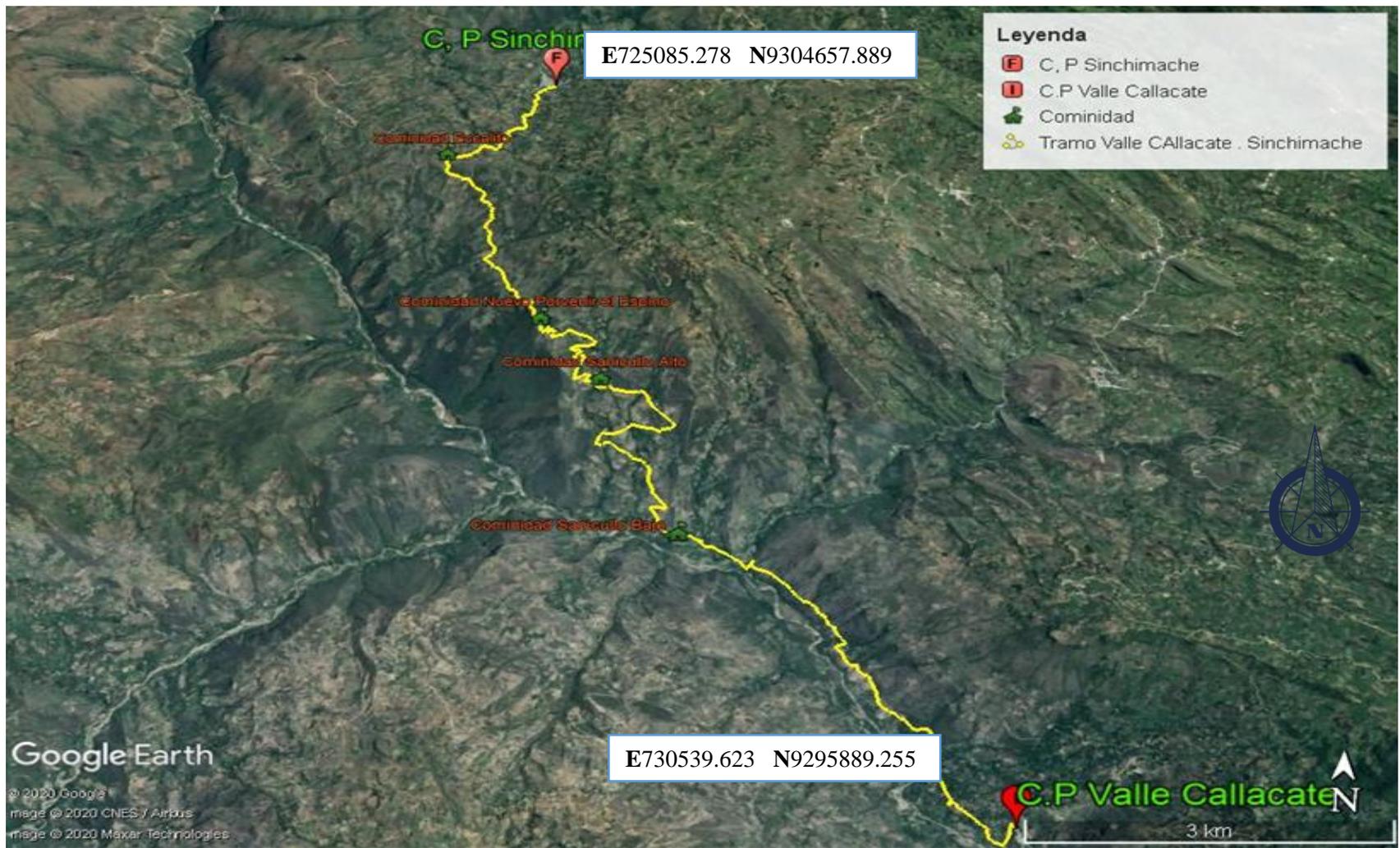
1.4. Delimitación del área de investigación

La presente investigación está enmarcada en la línea de investigación de Estructuras, Geotecnia y Recursos Hídricos de la carrera de ingeniería civil, enmarcada en el campo de obras hidráulicas. Se realizó un estudio a fin de determinar la evaluación hidrológica e hidráulica del Camino Vecinal Valle Callacate – Sinchimache dentro de la cuenca Chamaya y de acuerdo con los resultados, proponer alternativas de solución mediante las obras de arte.

La delimitación espacial de esta investigación se centra en el lugar a estudiar comprendida por los tramos de los caminos vecinales Valle Callacate Km.0+00 – Sinchimache Km.18+00 (Ver Apéndice 12), debido que es uno de los tramos más afectados en las épocas de intensas lluvias en el distrito y provincia de Cutervo.

Figura 1

Camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache



Nota. Elaboración propia

Tabla 1*Coordenadas del C.P Valle Callacate - Sinchimache*

Progresiva	Coordenadas del Camino Vecinal		Altura (m.s.n.m)
	Este	Norte	
0 + 000.00	730539.623	9295889.255	1479.99
18 + 000.00	725085.278	9304657.889	1861.51

Nota. Elaboración propia**Figura 2***Camino vecinal de estudio**Nota.* Fotos tomadas en el camino vecinal de estudio, apreciando la forma del terreno.

1.5. Limitaciones de la investigación

Entre las limitantes presentadas en el desarrollo de este estudio se destaca la extensa y tardía respuesta de la organización del SENAMHI ante la solicitud de información requerida para los parámetros meteorológicos involucrados en la zona de estudio. Por otro lado, se observó escasos antecedentes a nivel nacional, como artículos científicos de los últimos 10 años que compartan el mismo objetivo o trabajen con una metodología similar a la trabajada en el presente informe.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes nacionales e internacionales

2.1.1. Antecedentes internacionales

Pérez y Vanegas (2016), en su tesis titulada “Estudio hidrológico e hidráulico en la zona Baja de la Cuenca del Río Frío en el Municipio de Chía”, tuvo por objetivo realizar análisis de la hidrología y de la hidráulica que se presenta en la zona baja de la cuenca del Río Frío del Municipio de Chía, región de Cundinamarca, Colombia. Obteniendo como resultados en esta ubicación, una precipitación promedio de 765 mm/año y mediante análisis en caudal, se determinó caudales medios cerca de 4 m³/s y caudales máximos de 53 m³/s para un lapso de 100 años como periodo de retorno. El río presentó dos tramos marcados con pendientes de 4.6% y 0.15%. Se concluye que en el río Frío se presenta una cuenca con sistemas en drenaje adecuado, y sus estructuras presentan una correcta condición, pese a ello, los gaviones en el sector El Darién presentaron depresiones muy considerables en su parte de centro, poniendo en peligro que la estructura funcione, incrementando la probabilidad de inundaciones en esta zona. Se recomendó realizar mantenimiento de manera periódica para cada estructura con la única finalidad de conservar sus características de diseño.

Esta investigación se considera de total importancia, porque desarrolla un estudio hidrológico e hidráulico completo en una zona determinada con el fin de cerciorar las condiciones de drenaje que presenta esta misma. De esta manera, esta investigación servirá de gran apoyo para ejecutar esta investigación.

Otálvaro (2016), en su investigación titulada “Consideraciones generales para realizar el diseño hidrológico e hidráulico de obras de drenaje para vías de bajos volúmenes de tránsito: Caso de estudio pista de prueba Urrao-Antioquia”, de la Universidad de Medellín en Colombia, presentó como objetivo general especificar las características esenciales y más importantes sobre el diseño hidrológico e hidráulico en vías de baja transitabilidad en pistas de prueba en Urrao-Antioquia. Obteniendo de resultados del diseño de obras longitudinales a cunetas tipo C de INVIAS para una pendiente de 0.5% con 10.54 m. de longitud máxima que drena la cuneta, siendo esta

seleccionada por ser la más baja admisible. Mientras, el diseño de las obras transversales, se consideró alcantarillas con \varnothing de 0.6 m, pendiente de 2%, y caudales de 0.868 m³/s. Llegando a la conclusión que el presente trabajo permitió brindar una guía en metodologías de realizar estudios hidrológico e hidráulico con propósito de diseñar drenajes superficiales para vías determinadas. En este diseño de obra hidráulica transversal y longitudinal, propusieron dimensiones, caudales de escorrentía de intercuenca, taludes perfilados, entre otras consideraciones en su propuesta. Se recomendó realizar diferentes estudios que sirvan de guía, que no pretendan reemplazar normativas que rigen en el país, pero que permitan la aplicación de manera correcta de estas mismas.

La importancia de esta investigación radica en un análisis comparativo técnico y económico realizado de tres tipos de cunetas A, B y C, que son propuestas para el buen drenaje en la pista de prueba Urrao- Antioquia. De esta manera, se puede visualizar cálculos y consideraciones hidrológicas determinadas de total importancia para seleccionar la mejor opción. Además, la tesis brinda cálculos detallados para obras transversales como alcantarillas, permitiendo así ser de apoyo para el desarrollo de esta investigación.

Carrión y Orellana (2016), para su investigación “Estudio de sistema de drenaje para la vía Molleturo- Tres Marías- La Iberia, en la provincia de Azuay” realizado en la Universidad de Cuenca, Ecuador presentó en objetivo ejecutar estudios para brindar una alternativa en sistemas de drenaje de la vía de 28.2 km, que se localiza en la parroquia Molleturo, que se comprende entre las localidades de Tres Marías o La Iberia, ubicado en el Cantón Cuenca, Azuay. Obteniendo de resultados en esta área evaluada, precipitaciones máximas de 24 horas para Gumbel en la estación El Labrado con 52.40 mm. En la estación de Santa Isabel se midió una precipitación de 45.19 mm, mientras que a lo largo de 100 años la precipitación alcanzó los 54.00 mm. Esto llevó a la conclusión de que la solución integral para el drenaje transversal requería la instalación de 110 alcantarillas en diferentes puntos bajos, rellenos considerables, quebradas y puntos de mantenimiento o control.

Estas alcantarillas propuestas fueron de sección circular, fabricadas con acero corrugado. Se emplearon 99 alcantarillas con \varnothing 1200 mm y 4 alcantarillas con \varnothing 1400 mm. Las restantes se diseñaron con una sección cuadrada de hormigón específicamente para cruces con caudales altos, superiores a 3 m³/s. Se recomendó llevar a cabo estudios más detallados en este lugar a estudiar, ya que forma parte de una red de diversos proyectos viales en procesos de construirse. Estos proyectos tienen el objetivo de mejorar la conectividad y el acceso entre las áreas rurales y el Cantón Cuenca.

Esta investigación se encargó de evaluar 28.2 km. de vía, ubicada en Molleturo, la cual consideró precipitaciones obtenidas de dos estaciones El Labrado y Santa Isabel, con la finalidad de realizar un estudio detallado. La propuesta comprendió por determinar los puntos específicos que requería la presencia de alcantarillas para el drenaje de esta zona. De esta manera, se logró identificar que la investigación ha brindado valiosas contribuciones en el área de hidrología e hidráulica, la cual se convierte en un gran apoyo para la elaboración del mismo estudio en el tramo del C.P. Valle Callacate – C.P. Sinchimache.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Miñano y Urquiaga (2018), en su investigación titulada “Estudio definitivo del proyecto de construcción de la vía local Pasambara- Chorpamba, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco-La Libertad, 2017” de la Universidad Nacional de Trujillo, presentó como objetivo general realizar el estudio definitivo del proyecto de la construcción de la vía local Pasambara- Chorpamba en Quiruvilca, Santiago de Chuco en La Libertad. Obteniendo como resultados que este trecho de carretera presentó una longitud 6 646.80 m con condiciones de transitabilidad muy restringida, geografía abrupta. Al estar ubicada en la cuenca del río Santa, con lluvias al año promedio de 1000 mm/h. La investigación concluyó que, al presentar un caudal de diseño de 0.24 m³/s, se necesitó considerar obras de drenaje como cunetas, con sección triangular 1 m x 0,5 m y la alcantarilla con diámetro de 60 cm de paso. Se recomendó que el desarrollo de diversos estudios es de total importancia para el buen progreso de un proyecto, puesto que, bajo esos parámetros, se obtiene un diseño confiable y acorde a cómo está el estado real del proyecto.

Esta investigación brinda un valioso aporte en el estudio definitivo de un proyecto comprendido por la construcción de la vía Local Pasambara- Chorpamba en Quiruvilca, Santiago de Chuco en La Libertad. De esta manera, se puede obtener un estudio completo y detallado de una vía determinada, a fin de la mejora en el tránsito, drenaje y acceso a esta misma. Para ello, realizó el estudio de la cuenca hidrográfica Santa por estar esta vía dentro de esta misma, evaluando esencialmente su hidrología e hidráulica para proponer las mejores alternativas de solución como cunetas y alcantarillas. Lo más resaltante de esta tesis, es el cálculo detallado realizado determinando así sus dimensiones de estas.

Caballero y Cencia (2018), en su investigación titulada “Modelamiento hidrológico de obras de arte, en la carretera HV-107; tramo: Emp-26b km 0+000 al km 12+150, provincia de Angaraes - Huancavelica”, de la Universidad Nacional de Huancavelica, presentó el propósito en determinación del modelamiento hidrológico en obras de arte para la carretera HV-107, en el tramo EMP-26B en la provincia Angaraes-Huancavelica. Obteniendo como resultados en evaluación del sistema de que, al dimensionar estas obras, se reemplace alcantarillas de concreto con TMC 36” para alcantarillas de alivio en puntos estratégicos. Concluyó que analizar la cuenca influye en el diseño de obras de arte, al depender la cantidad en caudal por obra considerada, obteniendo del estudio de 5 microcuencas, un caudal de 1.23 m³/s en alcantarilla de alivio, mientras que en las de paso se diseñó con un caudal de 4.70 m³/s y 1.71 m³/s. En el caso del badén se diseñó con un caudal de 7.12 m³/s, y para los puentes, fueron diseñados para un caudal de 79.73 m³/s y 62.02 m³/s. Se recomendó estudiar con mejor detalle sobre obras de arte en carreteras puesto que estos resultan ser de total importancia para la evacuación eficiente del agua superficial que intercepte una infraestructura.

Esta tesis es de importancia, debido que se centra en el estudio de modelar hidrológicamente obras de arte consideradas en la carretera HV-107, en el trecho EMP-26B en Angaraes- Huancavelica. Por ello, se puede visualizar de manera más detallada las obras de arte propuestas de manera más detallada, como características de las alcantarillas, badenes e incluso puentes considerados para el tramo de estudio.

Escudero y Pérez (2019), en su investigación titulada “Análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector parco chico, ciudad de Pomabamba, Áncash, Perú”, en la Universidad San Martín de Porres presentó como objetivo el análisis de la hidrología para diseñar sistemas de drenaje urbano de lluvia en el sector de Parco Chico, Pomabamba, Ancash. Obteniendo como resultados que no fueron necesarias las cunetas para el diseño dado que la calzada era viable, teniendo así para el diseño un tiempo de retorno de 25 años, una dimensión máxima de 0,9 x1,1 x1.35m, captando un caudal de 43.22 l/s, con una velocidad de 1.99 m/s, orientada a un tiempo de retorno de 10 años, teniendo por dimensión máxima de 0.85x1.10x1.35 m captando un caudal de 34 l/s. Llegando así a conclusión, que al presentar mayores caudales de escorrentía que se deba captar en superficie, los diámetros de colector se incrementan por la acumulación del caudal, considerando así alcantarillado con diámetros mínimos de 500 mm y 630 mm en su mayor diámetro en la red de colectores general. Se recomendó tener en consideración el uso de softwares SEWERGEMS para los cálculos de alcantarillados, puesto que es una herramienta que permite diseñar en un menor tiempo, además de que resulta más fácil la exportación de resultado en formato dxf, siendo posible el acceso en el software AutoCAD.

Es importante el estudio porque se diseñó su sistema de drenaje de lluvias, realizando inicialmente los cálculos hidrológicos e hidráulicos necesarios para proponer un buen sistema de alcantarillado, para su eficiencia en el lugar del proyecto.

Mogollón (2022) en el estudio "Evaluación hidrológica e hidráulica del drenaje y subdrenaje vial considerando el aumento del cambio climático para sostenibilidad del tramo Pampas - Consuzo en el departamento de Ancash - 2022" de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, con el objetivo de llevar a cabo un análisis hidrológico para determinar las dimensiones necesarias que aseguren un adecuado flujo de agua en la zona, permitiendo un desplazamiento óptimo del flujo circulante en la vía estudiada. Estos hallazgos en investigaciones incluyen la identificación de la cuenca principal junto con sus 14 subcuencas que contribuyen al tramo de la carretera bajo estudio. Asimismo, se calcularon los caudales máximos de las avenidas utilizando los métodos racional y racional modificado, teniendo en cuenta la incidencia del cambio climático en la vida

útil en estructuras planificadas. Además, se diseñó un sistema de subdrenaje utilizando tuberías colectoras en HDPE de 4" con sección calculada, y se implementó filtro en grava para asegurar un drenaje eficiente. La evaluación hidráulica del drenaje y subdrenaje vial se realizó teniendo en cuenta el aumento del cambio climático, lo que llevó a la obtención de las dimensiones hidráulicas apropiadas para el tramo Pampas - Consuzo en el departamento de Ancash.

Este antecedente es de importancia, ya que proporciona información clave y resultados relevantes sobre el diseño hidrológico e hidráulico en obras de drenaje para vía baja de intensidad en tráfico. Los resultados obtenidos, como determinar caudales máximos, los parámetros de dimensionamiento de las estructuras de drenaje y la proyección del subdrenaje, brindan una base sólida y fundamentada para el desarrollo del estudio. Además, considera la incidencia del cambio climático en las circunstancias hidrológicas, lo que añade un aspecto de relevancia actual y futura en la planificación de infraestructuras viales.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Estudios de tráfico

El objetivo de este parámetro es cuantificar el volumen vehicular y clasificar las unidades que transitan en el tramo de estudio (Consorcio Global, 2015).

Para determinar el cálculo del flujo vehicular se debe realizar el conteo respectivo y analizar la demanda de transportes en modo general, y con ello, definir los factores para el diseño de las vías que proporcionen medidas de solución a los problemas viales que se han identificado (Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC], 2018).

Además, involucra tanto trabajo de campo como trabajo en un entorno de oficina, con el objetivo de obtener los factores de corrección que faciliten el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA) para los segmentos analizados, así como las tasas de crecimiento de la demanda en transporte y cómo se proyecta el IMDA durante el tiempo que se evalúa (Consorcio Global, 2015).

2.2.2. Tipos de vehículos

– Vehículos ligeros

La categoría L: Se encuentran a los vehículos del tipo automotor, los cuales, deben contar con una cantidad de ruedas menor a cuatro.

La categoría M1: Se encuentran a los vehículos del tipo automotor, los cuales, deben contar con una cantidad de cuatro ruedas para su diseño, constituidos de hasta 8 asientos (MTC, 2016).

– Vehículos pesados

La categoría M: Se consideran al vehículo automotor que tiene 4 ruedas orientado a transportar pasajeros, excepto la M1.

La categoría N: Se consideran al vehículo automotor de 4 a más ruedas, orientado y construido para transportar mercancías.

La categoría O: Se consideran a los remolques y semirremolques.

La categoría S: Se consideran a las combinaciones especiales de los M, N y O (MTC, 2016).

– Índice Medio Diario Anual (IMDA)

Acorde al MTC (2018), el IMDA constituye la media aritmética de la cantidad volumétrica diaria durante todo el año, presente, en algún tramo o vía.

2.2.3. Estudio topográfico

- Mediante este parámetro se podrá definir la geometría de la zona analizada con un proceso de campo que consiste en el reconocimiento del lugar para describir la realidad en la que se encuentra como por ejemplo casas, postes, caminos, entre otros, y con un trabajo de gabinete que permita procesar todos los datos que se han obtenido de las mediciones realizadas en el anterior proceso y plasmarlo en planos de forma horizontal, así como en altitud (MTC, 2018).

- El Consorcio Global (2015) mencionó que su investigación tiene como base al levantamiento topográfico a fin de la determinación de características de planimetría y altimetría, donde se identifica la realidad del tramo.
- Planimetría: Forma parte de la topografía que se enfoca en el análisis de procedimientos y métodos para obtener con detalle los factores de un terreno específico sobre una superficie plana, representándolo a través de una proyección horizontal. (Veiga et al., 2012).
- Altimetría: Esta área de estudio es una subdivisión de la topografía que tiene como objetivo explorar distintos métodos y procedimientos con el propósito de determinar y visualizar la elevación, también conocida como "cota", de cada punto específico de planos de referencia. De esta manera, se logra obtener y mostrar relieve de terrenos con precisión (Veiga et al., 2012).

2.2.4. Estudio de mecánica de suelos

Esta disciplina abarca el análisis del suelo, con el propósito de obtener información sobre sus características, propiedades físicas y mecánicas. Este proceso es esencial, ya que el suelo representa la base física fundamental para llevar a cabo actividades constructivas de manera adecuada (Consorcio Aguas Callao, 2015). Las propiedades geotécnicas de los materiales que podrían encontrarse en la zona analizada son muy diversas, y es posible que experimenten cambios drásticos entre áreas cercanas a la vía bajo análisis (MTC, 2018).

Caracterización de la subrasante

A fin de determinar las propiedades o característica del tipo mecánico y físico del material que constituye la subrasante, es necesario explorar el terreno por medio de la ejecución de calicatas; las cuales, deben tener como mínimo de profundidad 1.5m. por kilómetro (MTC, 2013).

Ensayos de laboratorio

Son estudios esenciales que permiten identificar las propiedades o características de muestras específicas mediante un análisis detallado realizado en un laboratorio donde

se lleve a cabo la Mecánica de Suelos, que cuente con las tecnologías adecuadas para cumplir con las Normas Técnicas Peruanas (Proyectos de Ingeniería S.A., 2019).

- Análisis granulométrico: MTC E 107
- Límite líquido y plástico: MTC E 110 y MTC E 111
- Contenido de humedad: MTC E 108
- Proctor modificado: MTC E 115
- Relación de Soporte de California: MTC E 132

2.2.5. Evaluación hidrológica e hidráulica

A través de estudios se pretende estimar los factores hidráulicos e hidrológicos en una zona determinada, para así, llegar a estimar posteriormente caudal máximo necesario para el diseño de estructuras necesarias (Ingenieros Consultores S.A., 2013).

Los análisis en hidrología e hidráulica en proyectos viales proporcionan importante información para dimensionar obras que cumplan el funcionamiento del aspecto del tipo técnico, económico y ambiental. Estas obras tienen como finalidad reponer el drenaje superficial / natural, cruzar cauces del tipo natural, reorganizar la distribución del agua pluvial o reducir infiltración (MTC, 2012).

Hidrología

Es una disciplina de naturaleza geográfica ocupada de investigar la distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, de las diferentes propiedades del agua presentes en superficie terrestre y atmósfera. Engloba el análisis de varias características del agua, como escorrentía, precipitación, evapotranspiración, humedad del suelo y el equilibrio en masas de glaciación (MTC, 2012). Fattorelli y Fernández (2011) afirman que este tipo de ciencia se encarga de analizar los fenómenos del orden natural que tiene relación con el ciclo hidrológico.

Factores hidrológicos en el diseño hidráulico: Se nombrará el factor hidrológico y geológico de mayor importancia en relación con la elaboración de diseños múltiples, que permitan funcionar adecuadamente el sistema de drenaje (MTC, 2012).

- Tamaño de la cuenca
- Condiciones del clima en la zona
- Condiciones de la fisiografía del suelo
- Características de la topografía del lugar
- Forma de cobertura vegetal presente
- Capacidad de almacenamiento

Cuenca hidrográfica

Delimitación de carácter topográfica que se le hace al terreno a través de líneas en cumbres, denominadas divisorias de aguas, y son estas precipitaciones las que producen recorridos que llegarán a converger rumbo al mismo cauce (Puelles, 2015).

Vásquez et al. (2016) afirma que, es un área en la geografía generado por la naturaleza que se delimita vía línea que sirve como divisoria de agua que percibe las precipitaciones y permite drenar el agua procedente de la escorrentía con destino al colector natural, conocido como río principal.

Precipitación

Fattorelli y Fernández (2011) mencionaron que son gotas que caen por su debido al peso a la superficie terrestre (p.27). Este parámetro viene a ser la caída de partículas de agua sólidas o líquidas, tales como llovizna, nieve, lluvia, agua nieve, lluvia congelada o granizo (Álvarez y Calle, 2013).

Chereque (2011) mencionó que es la humedad originada en las nubes hasta que alcanza a la superficie de la Tierra. Se presenta como lluvia, siendo identificada por la intensidad, clasificada de la siguiente manera:

- Ligera: Para tasas de caída hasta de 2.5 mm/h.
- Moderada: Desde 2.5 mm/h hasta 7.6 mm/h.

- Fuerte: Mayores de 7.6 mm/h.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) realiza publicaciones de modo periódico análisis estadístico y de intensidad que posibilita el cálculo en parámetros hidrológicos e hidráulicos para una zona en concreto.

Precipitación total y efectiva

La precipitación efectiva (P_e), es aquella que no se mantiene en la superficie y que no puede infiltrarse en el suelo (MTC, 2012). Dicho exceso es transformado en una forma de escorrentía en modo directo a la salida de la cuenca. Asimismo, a la precipitación que no llega a retenerse a las superficies, y que en la tierra se infiltra, es conocida como escorrentía superficial (Vásquez, 2012).

Tiempo de concentración

Considerado el lapso que una gota tiene para el recorrido de un punto hidráulico que se encuentra más lejano hasta su punto final que pertenece a la cuenca (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2012).

En un sistema de drenaje pluvial, se calcula con la fórmula:

$$T_c = t_o + t_f$$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (minutos)

t_o = Tiempo de entrada a la alcantarilla

t_f = Tiempo de flujo en alcantarillados al punto de interés.

Para calcular el tiempo de concentración existen diversos métodos como:

Kirpich (1940)

Utilizada para determinar el flujo del tipo superficial; en donde, se debe aumentar el t_c en 0.4 veces cuando se analicen bases de concreto o asfaltadas y por 0.2 veces cuando sean canales revestidos de concreto. Esta fórmula está expresada en:

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

Donde:

L = longitud del canal desde aguas arriba hasta la salida, metros.

S = pendiente promedio de la cuenca, m/m

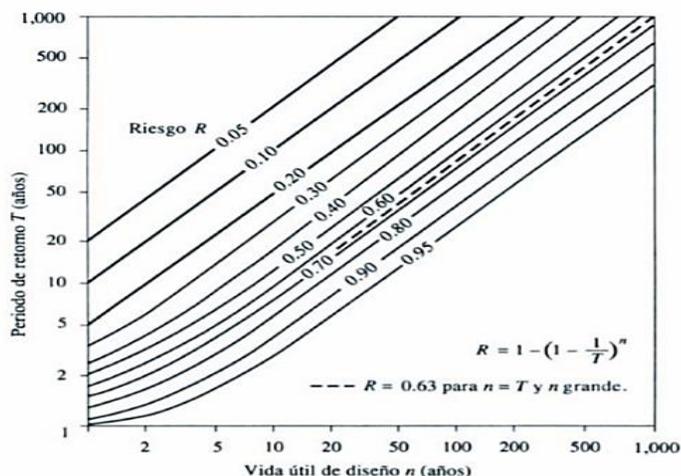
Período de retorno

Es el tiempo promedio en donde el caudal máximo de creciente determinada y específica tiene un valor igual o mayor cada “T” años (Vélez et al., 2013). Con respecto a una obra que se va a diseñar, resulta importante la adopción de un periodo de retorno que se relacione a probabilidades de exceder un evento, falla admisible de riesgos, tiempo de uso proyectado para una estructura, parámetros sociales, económicos, entre otros. A continuación, se puede visualizar el riesgo de falla admisible respecto al uso proyectado para una estructura y el periodo de retorno.

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

Figura 3

Riesgos en excedencias para eventos de diseño



Nota. MTC (2012)

Es importante considerar los siguientes valores de riesgos admisibles en diversas obras de drenado.

Tabla 2

Valores máximos de riesgos admisibles de obras de drenaje

Tipo de obra	Riesgo admisible (%)
Puentes	25
Alcantarillas de paso de quebrada importante y badenes	30
Alcantarilla de paso de quebradas menores y descarga de agua de cunetas	35
Drenaje de la plataforma a nivel longitudinal	40
Sub-drenes	40
Defensas ribereñas	25

Nota. MTC (2012)

2.2.6. Análisis estadístico de datos hidrológicos

Este análisis se hace con a fin en estimación de intensidad, precipitación o caudal de orden máximo en diferentes periodos de retorno. Por ello, existen muchos modelos de probabilidad entre ellas distribución Normal, Log Normal, Gamma, Log Pearson, Gumbel o el Log Gumbel (MTC, 2012).

Tormenta de diseño

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

– **Curvas Intensidad- Duración- Frecuencia**

Las curvas I-D-F son elementos que guardan relación respecto a la intensidad de lluvias con lo que dura y la frecuencia en la que se presenta, lo que significa su probabilidad de que ocurra (Miñano y Urquiaga, 2018). El parámetro intensidad significa tasa temporal de lluvia, o profundidades que tiene la lluvia a lo largo de un período de tiempo.

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

Donde:

I= Intensidad (mm/h)

P= Profundidad de lluvia (mm)

Td= Duración (h)

– **Hietograma de diseño**

Este parámetro consiste en estudiar y analizar las distribuciones temporales en el tiempo respecto a las tormentas que se presentan. Se puede obtener partiendo de la obtención de las curvas IDF por la metodología de bloques alternos (MTC, 2012).

Caudales

Chereque (2011) manifiesta que se puede emplear caudal o descargas, para definir a una proporción determinada de agua que es llevada por corrientes que proviene de afluentes específicos o manantiales. Cuando hay la presencia en datos de aforado en suficientes cantidades, se llega a ejecutar análisis estadísticos obteniendo los caudales de orden anual máximo para la estación más próxima a la zona de estudio o punto de interés (MTC, 2012).

Para calcular caudales, se emplean metodologías, entre ellas IILA y el método racional, siendo este el más empleado.

– **Método racional**

Permite estimar caudales máximos, tomando como base precipitaciones, coeficiente de escorrentía y tipologías de cuenca (MTC, 2012). La expresión para conocer el caudal o descarga máxima, es la siguiente:

$$Q = C.I.A/3.6$$

Donde:

Q= Descarga máxima de diseño (m³/s)

C= Coeficiente de escorrentía de la cuenca

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

A= Área de la cuenca (km²)

2.2.7. Hidráulica

Es encargada de estudiar las diversas características mecánicas en fluidos, dependiendo de fuerzas que llegan a interponerse entre la masa y el empuje que ocasiona esta misma (NTC, 2012).

Por ello, su diseño recolecta datos a fin de analizarlos y procesar los resultados en base a factores matemáticos y de carácter estadístico que permita elaborar una data confiable para la solución de problemas ingenieriles (Fattorelli y Fernández, 2011).

Drenaje

Es la descarga o remoción en excedentes de agua, es decir la manera en que se desaloja agua en cuencas también se puede considerar a cualquier estructura artificial o natural que permite escurrir evitando que se almacene agua en una particular (Villón, 2011).

Tipo de drenaje

– **Drenaje Subterráneo**

Álvarez y Calle (2013) manifiestan que, el drenaje subterráneo o drenaje profundo tiene como fin el tener un nivel freático del terreno controlado, siendo así que las posibles corrientes subterráneas que existen en una infraestructura de la vía impidan acceder el agua a capas superiores a esta.

El drenaje subsuperficial o subterráneo debe controlar el posicionamiento en tabla de agua, su napa o nivel freático, por lo cual, el balance de agua y sales resulte propicio en cultivos existentes, eliminando así, el agua infiltrada procedente de lluvias, riesgos u otros (Villón, 2011).

– **Drenaje superficial**

Su fin es remover el exceso de agua en la superficie de esta, como terreno, la cual ha consistido en una serie de canales, que no sean profundos en gran magnitud, que se encarguen de evacuar esta escorrentía y sean descargadas a drenes colectores (Villón, 2011).

Este drenaje es necesario en zonas donde los factores climatológicos, y características hidrológicas y geológicas sean importantes, dando así lugar que el agua permanezca inundado sin ser evacuado de manera correcta (MTC, 2012).

– **Drenaje transversal**

Su finalidad es la evacuación de aguas superficiales presentes en una construcción, y escurre en cauces artificiales y naturales, así garantizando su permanencia y estabilidad (MTC, 2012). Dentro de los elementos que lo constituyen se considera a las alcantarillas, badenes y puentes, siendo este último de gran importancia. Dicho drenaje da paso al agua mediante cauces de ámbito natural bloqueados por una infraestructura del tipo vial (Álvarez y Calle, 2013).

– **Drenaje longitudinal**

Encamina aguas por caída sobre plataformas y taludes de orden paralelo a la calzada, empleándose a elementos como colectores, cunetas, sumideros, entre otras obras de arte menores (Vásquez, 2012).

Obras de drenaje de arte menor

– **Cunetas**

Conocidos como zanjas, del tipo longitudinal, sin revestir o revestidos abiertos en el terreno, localizadas en ambos sentidos o en uno solo de una carretera. Esta estructura de drenaje de arte menor tiene como finalidad percibir, distribuir y evacuar de manera correcta los caminos de agua en las superficies (MTC, 2012).

– **Alcantarillas**

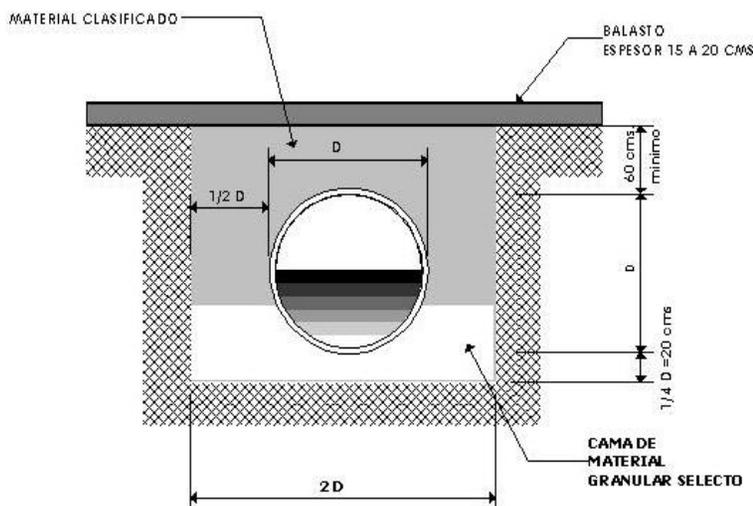
Álvarez y Calle (2013) afirman que, la alcantarilla es un conducto de sección variada, de corta longitud ubicada de forma transversal respecto a la vía. Estas

alcantarillas deben ser capaces en soporte de carga en tráfico, cargas de tierra y cargas en edificación.

Las alcantarillas son estructuras que presentan una luz menor a 6 metros, donde la principal ocupación consiste en evacuación del flujo en las superficies que provienen de cursos de carácter artificial o natural (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2012). Es importante no solo considerar la implementación de esta estructura como obra de arte en una vía, sino también, la ubicación óptima para la colocación de estas, dependiendo directamente de la pendiente y su alineamiento, sin que afecte su estabilidad.

Figura 4

Alcantarilla



Nota. Caballero y Cencia (2018).

Tipos de alcantarilla

1. Tipo y sección

Las secciones consideradas y más usuales en las alcantarillas por su sección son:

- Alcantarillas circulares.
- Alcantarillas rectangulares.

- Alcantarillas cuadradas.

2. Materiales

El tipo de material elegido para alcantarillas depende de diversos aspectos, como su vida útil, resistencia, costo, rugosidad, resistencia a la corrosión, fuego, abrasión, impermeabilidad, e incluso condiciones del terreno (MTC, 2012).

Dentro de los tipos de alcantarillas según sus materiales que son consideradas en proyectos de carreteras en nuestro país, las que se mencionarán a continuación:

- Marco de concreto.
- Tuberías del tipo concreto.
- Tuberías metálicas corrugadas.
- Tuberías de polietileno de alta densidad.

Factores para tomar en cuenta para el diseño

Acorde al MTC (2012) afirma que, dentro de las consideraciones más resaltantes para el diseño óptimo de una alcantarilla, se considera lo siguiente:

1. Esta obra de arte debe ser impermeable, ya que de esta manera garantizaría la estabilidad de carreteras ante existencia en establecimiento por causa de infiltraciones de aguas.
2. Tomar en consideración en el diseño, el periodo de retorno acorde a lo que recomienda y establece el MTC.
3. Dentro de los factores físicos y de estructura, es importante su permanencia y cargas que actúan en alcantarilla, calidad y prototipo del terreno actual, entre otros.
4. Entre el factor hidráulico, se considera caudales de diseño, velocidad de flujo, pendientes en cauces, material de arrastre, rugosidad del conducto y pendiente de la alcantarilla.
5. Otros factores de suma importancia son elegir tipos de alcantarilla, accesibilidad y disponibilidad en materiales necesarios en construcción.

Consideraciones para el diseño

Para llevar a cabo su diseño, se toma las consideraciones más resaltantes:

1. Material sólido de arrastre: Son los desperdicios que son vertidos a los cauces del tipo natural y son llevados debido al medio de corrientes; por lo que, terminan siendo elementos que ocasionarían problemas en dicha obra al acumularse.
2. Borde libre: Es un parámetro que depende de que la alcantarilla no sea diseñada como una sección del tipo llena.
3. Socavación local a salida de la alcantarilla: Consiste en aminorar la velocidad del flujo presente en este sistema.
4. Abrasión: Erosión de materiales presente en alcantarillas debido al rozamiento dado por el traslado de sólidos flotantes provenientes del cauce natural.
5. Corrosión: Es el deterioro de un elemento o material producto de una acción electroquímica de factores activos en el entorno ya sea en la atmósfera, suelo o agua (MTC 2012).

Badenes

Estructura que brinda soluciones de manera efectiva cuando los niveles tanto de la rasante en calzada como del fondo en el cauce en curso natural que coincide, pues posibilita el paso en sólidos de una forma esporádica (Kallpa, 2013).

Según Corea y Asociados S.A (2011), los badenes se consideran soluciones beneficiosas en el ciclo del agua que tienen un recorrido descendente en quebradas de orden menor en tamaño.

Figura 5

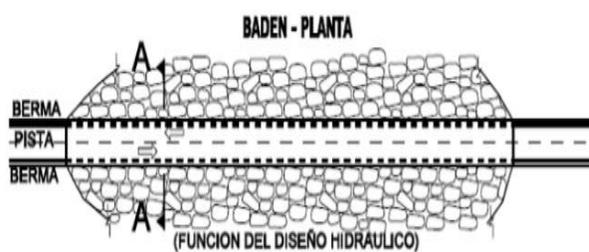
Sección longitudinal de badén



Nota. Corea y Asociados (2011).

Figura 6

Planta de badén



Nota. Corea y Asociados (2011).

Consideraciones para el diseño

En su diseño, es necesario considerar estos parámetros:

- a. Material sólido de arrastre: Parámetros importantes en el diseño de badén, con el fin que no llegue a pasar el perímetro mojado que se ha contemplado, y con ello, no se vean afectados los lados que se encuentran adyacentes en la carretera.
- b. Protección contra la socavación: En el caso de badenes proyectados debe contar con este parámetro para impedir el colapso aguas abajo y aguas arriba de la estructura.
- c. Borde libre: Se debe considerar este factor para impedir los desbordes que lleguen a afectar los lados adyacentes
- d. Pendiente longitudinal del badén: Se deben realizar del tipo ingreso y salida de la construcción a fin de dar facilidad de movimiento a los carros que lleguen a transitar por la zona.
- e. Pendiente transversal del badén: Esta consideración permite aminorar el riesgo de que el badén se vea obstruido a causa del material de arrastre en un curso del tipo natural. Es recomendable presentar pendientes entre 2% y 3% (MTC, 2012).

2.2.8. Presupuesto de proyectos

Metrados

Conjunto organizado en datos conseguidos preferentemente a partir de mediciones limitadas, que excluye mediciones a escala (usando un escalímetro). Estos datos son con el fin de la determinación en mano de obra necesaria, siendo útiles para calcular costos directos (Ramos, 2015). El proceso de metrar en una obra de construcción, corresponde a la cuantificación de todos los materiales y servicios estimados para la ejecución de dicho proyecto (Dirección Nacional de Construcción, 2011)

Usualmente, estos servicios o bienes se separan y subdividen en lo que se llama "partidas", que son divisiones individuales de todos los elementos que hacen parte del proyecto final y en estructuras. Estas partidas se obtienen a través de una revisión absoluta y meticulosa del diseño representado en los planos, lo que implica el uso de equipamientos de mediciones o software CAD para obtener las mediciones precisas (Ocampo, 2014).

Partidas

Es la expresión mínima en la que se puede dividir un bien o servicio a realizar en la obra, esto con la finalidad de poder medirlo, cuantificarlo y evaluarlo, para poder determinar los costos finales de la obra (Ramos, 2015), y pueden ser jerarquizadas en diferentes niveles, descritos a continuación:

Partidas de Primer Orden: Se agrupan aquí todas las partidas con características de igual similitud, también reciben el nombre de “Partidas Título”.

Partidas de Segundo Orden: Se agrupan aquí todas las partidas de orden genérico, que hacen referencia a algún rubro, pero sin anexar detalles al respecto. Pueden ser denominadas partidas subtítulos o básicas.

Partidas de Tercer Orden: Aquí son agrupadas las partidas que arrojan con más detalle y precisión lo que se tiene que realizar. También son denominadas “Partidas Básicas”

Partidas de Cuarto Orden: Este subgrupo se utiliza solo en casos extraordinarios, en donde se requiera un mayor nivel de especificidad.

En la realización y especificación de metrados, generalmente se utilizan softwares que facilitan su realización. Como se dijo anteriormente, para la realización de los metrados, es necesario realizar mediciones precisas de las dimensiones del proyecto a realizar y cada uno de sus elementos, por ello, es necesaria la utilización de algún software CAD para la lectura precisa al respecto; por otro lado, herramientas que permitan el manejo de tablas facilitan el registro y cálculo de cada partida. Según estimaciones, el proceso general para la realización de un metrado y toma alrededor de 11 a 15 días, siendo este un proceso riguroso e importante previa la realización de cualquier proyecto (Medina et al., 2020).

Análisis de costos unitarios

Los costos pertenecientes a una obra pueden ser divididos en costos directos o indirectos, según su relación e impacto en esta.

– Costos Directos

Incluye suministros, mano de obra (leyes y prestaciones sociales), equipos (alquiler, compra y uso de energía) y herramientas (alquiler y compra). El metrado analiza todos estos aspectos, que componen el trabajo. Cabe señalar que, independientemente del grado de estimación y refinamiento para el cálculo predictivo de estos costos, no siempre se generará una mayor exactitud debido a que los criterios utilizados para su estimación, muchas veces basados en la experiencia del ingeniero, siempre diferirán de los costos futuros reales (Ramos, 2015).

Costo por Mano de Obra

El contratista paga los salarios reales de todos los trabajadores, operarios y maquinistas que intervienen en el desarrollo y gestión de la obra, desde el jefe hasta el final de una cuadrilla de trabajadores. No se incluye el personal técnico o administrativo, la supervisión ni la vigilancia, que se incluyen en los costes indirectos (Ramos, 2015). En este tipo de costo se incluye el costo Hora Hombre (HH), que es el monto en salarios,

bonificaciones y remuneraciones establecidas por ley para los trabajadores por hora trabajada (Martienzo, 2012).

Para el cálculo del costo por mano de obra se plantea la siguiente ecuación:

$$Mo = \frac{Sr}{R}$$

Donde:

Mo= Costo por mano de obra [S/]

Sr= Salario real de personal, deducido por costo de HH explicado anteriormente

R= Rendimiento, correspondiente a la cantidad de trabajo desarrollado por el personal en una jornada de ocho horas

El ingeniero del proyecto suele estimar el rendimiento basándose en su experiencia laboral, aunque también pueden emplearse rendimientos de bibliografías de referencia (Medina et al., 2020). Por último, los costes laborales se miden en jornales (JOR).

Costo por Materiales

Este costo se analiza de acuerdo con los requisitos físicos o geométricos establecidos por la obra, deducidos de cálculos directos de los registros, o si no existen, de acuerdo con algún estudio técnico referencial, utilizando medidas de comercio local como metros cúbicos de arena o piedra, kilogramos de varillas e hierros, sacos de cemento, etc. (Ramos, 2015). Es crucial tener cuidado al estimar este estudio, que depende de los conocimientos del ingeniero y de la evaluación técnica de las técnicas de construcción.

Para las estimaciones de los volúmenes de material requeridos para cierta partida, se deben tener en cuenta ciertos porcentajes de pérdidas con los que se sobredimensionará el material requerido. Ramos (2015) propone los porcentajes de desperdicio.

Costo de equipos y herramientas

Las herramientas pueden ser temporales o permanentes y el costo analizado en ellas se deduce en base al consumo o desgaste que sufren cuando son empleadas para las diferentes partidas dadas en una obra civil, y puede ser deducido de la siguiente manera (Ramos, 2015):

$$Hm = hxM$$

Dónde:

Hm: costo inmediato de la herramienta en partida.

M: costo inmediato en mano de obra referente en partida, en base a las estimaciones antes mencionadas y un jornal básico de trabajo.

h: corresponde a un coeficiente de utilización de la herramienta en dicha partida y se deduce de la experiencia del ingeniero y de comparación con partidas similares de otras obras. Generalmente varía de 1 a 5%.

– **Costos Indirectos**

Corresponde a todas las erogaciones que no pueden enunciarse en un solo ítem pero que elevan el costo final de la tarea, en su mayoría gastos generales y utilidades esperadas; se valorizan a la conclusión de la obra y no deben superar el 10% del total (Martienzo, 2012).

Para comprender estos gastos, hay que reconocer que cada proyecto se gestiona en un período y contexto determinados, lo que lo hace sensible a las leyes y al régimen económico del entorno en el que se realiza (Medina et al., 2020). Por lo tanto, además de estimar los gastos relacionados con materiales y contratación de trabajadores, es necesario mantener los gastos relacionados con la estructura del contratista como empresa. Así, los gastos indirectos son los gastos generales y los beneficios, como se detalla a continuación.

2.3. Definición de términos básicos

- **Hidrología:** Estudia las distribuciones y desplazamientos en agua de superficie y subsuelo de tierra, y de cómo las acciones humanas afectan su disponibilidad y características.

- **Hidráulica:** función mecánica que usa la presión de un líquido para generar movimiento mediante la circulación controlada de un fluido, por lo general a través de cilindros hidráulicos que accionan los pistones correspondientes.
- **Obras de arte:** estructuras complementarias que garantizan la estabilidad de los caminos y regulan evacuaciones en aguas de lluvia y flujo en cursos de agua permanentes y temporales.
- **Drenaje:** instalaciones que recogen y transportan aguas pluviales, como carreteras con sistemas de drenaje, calles municipales, cunetas, bordillos, entradas, desagües pluviales entubados, instalaciones de bombeo, cuencas de retención y detención.
- **Precipitación:** agua en estado líquido o sólido que se origina en atmósfera y vuelve al suelo en forma de lluvia, aguanieve, nieve u otras formas.
- **Cunetas:** canal de desagüe a los lados de carreteras y vías terrestres que recoge y dirige las aguas de lluvia a una zona que no cause daños.
- **Badenes:** estructuras elevadas en el punto de intersección entre un camino y un arroyo estacional, generalmente hechas de concreto o piedra labrada, y que se utilizan como obras de paso.
- **Alcantarillas:** conducto que transporta aguas residuales desde su origen hasta un punto de tratamiento y eliminación.
- **Caudal:** movimiento del fluido hidráulico dentro del sistema.
- **Hietograma:** gráfico más utilizado para mostrar distribuciones de frecuencias.

CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Hipótesis principal

La hidrología se identifica por precipitaciones superiores a 15 mm/mes e intensidades de 10mm/h con tiempo de concentración de 0.25 h. Mientras que, los medios hidráulicos predominan el flujo supercrítico, con profundidad de agua sobre el camino de 0.20 m.

1.2. Hipótesis secundarias

- Los rasgos técnicos del camino vecinal son desfavorables por la inexistencia de drenaje y moderado tránsito vehicular. Añadido a su vez una topografía accidentada con pendientes superiores al 10% y de suelos arcillosos.
- Las máximas avenidas en la cuenca Chamaya serán superiores a 8 m³/s para periodos de retorno de 50 años.
- Las obras hidráulicas trabajarán al 75% de su capacidad de diseño como cuneta, badén y alcantarilla de geometría trapezoidal y circular. La estructura soportará las fuerzas externas e internas para la cual se prevé de concreto armado y tuberías de TMC.
- El presupuesto general de las obras de arte supera los 3 millones de soles, incluyendo el IGV y gastos generales.

1.3. Variables

La variable independiente es “Evaluación hidrológica e hidráulica”. Esta variable consiste en la determinación de la capacidad hidráulica de los tramos del sector y la determinación de parámetros morfométricos (López y Carmen, 2022).

La variable dependiente es “Diseño de obras de arte”, definido como aquellas estructuras de forma externa que terminan siendo parte de la infraestructura vial, donde son de tres tipos, siendo una de ellas las obras de drenaje (Hernández et al., 2018).

1.4. Operacionalización de las variables

El desarrollo de este parámetro se detalla en el anexo 1.

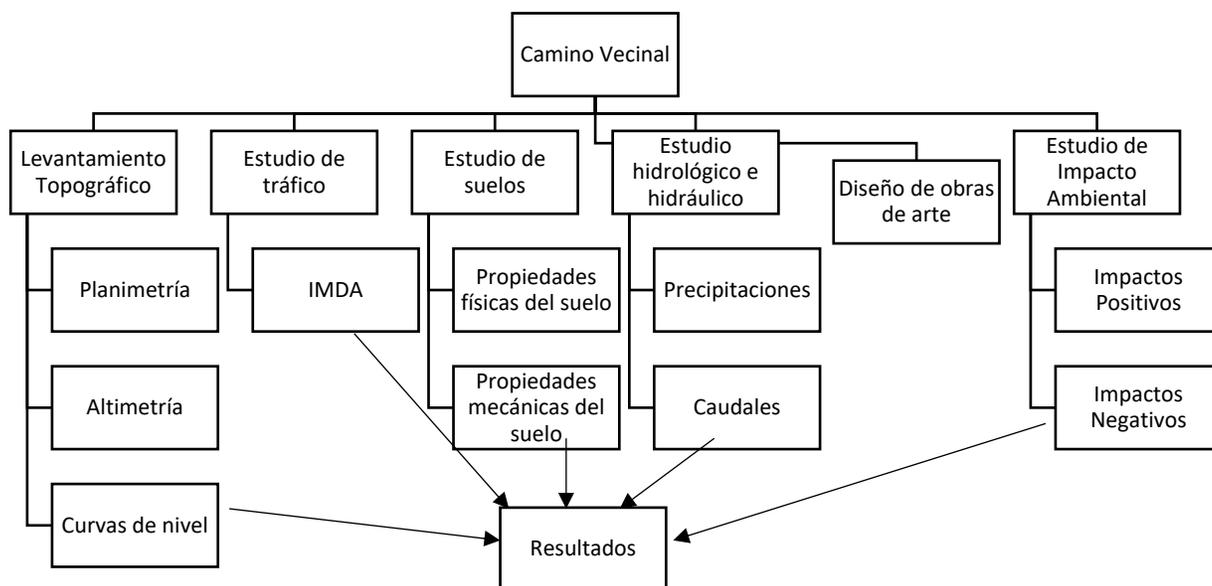
CAPÍTULO 4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Diseño de ingeniería

La presente investigación fue de tipo aplicada con enfoque mixto ya que integra los enfoques cuantitativos, que tiene basada la investigación en casos tipo con el propósito de conseguir resultados que deben permitir generalizaciones, y cualitativo que suele partir de una pregunta que se formula en correspondencia a la metodología a emplear. La integración de ambos enfoques hace que al probar las dos teorías pueden obtenerse resultados más confiables (Hernández et al., 2014). Por ello, es que el estudio consistió en realizar una evaluación hidrológica e hidráulica de un camino vecinal empleando datos de precipitaciones que ya ocurrieron y que han sido registrados por la estación meteorológica de la cuenca Chamaya.

En la misma línea, el estudio tuvo un alcance descriptivo y explicativo. Es descriptivo dado que es necesario la recolección de los datos de las variables (Hernández, et al., 2014), se han medido aspectos y no existe manipulación en variables (Sousa, et al., 2007, p. 3). Es explicativo porque, dado que pretende describir el riesgo al que expuesto un tramo del camino vecinal C.P. Valle Callacate – C.P. Sinchimache, donde el área de estudio cuenta con obras de arte en deficiencias dado mal diseño y carencia en mantenimiento que se genera por las fuertes precipitaciones en épocas de avenida.

El diseño transversal para Cvetkovic et al. (2021) permite un cálculo rápido, económico y directo en prevalecer condiciones. Además, las relaciones temporales entre exposiciones y efectos se midieron de modo simultáneo durante el mismo periodo de tiempo y no se detecta directividad temporal. Según Dzul (2010) el no experimental es rápido, económico y permite calcular automáticamente la propagación de la investigación. También, la relación temporal entre exposición y efectos se mide de manera simultánea durante un solo periodo de tiempo y no se puede identificar ningún cambio a lo largo del tiempo. Con respecto al diseño, se consideró este tipo, dado que se describió a la variable de estudio (cuenca Chamaya) en un tiempo determinado sin importar su evolución, y del tipo no experimental, ya que solo aplica criterios, conocimiento y normativas técnicas existentes para lograr un correcto análisis, y por ende, una adecuada elaboración de obras.

Figura 7*Diseño de investigación*

Nota. Elaboración propia

4.2. Métodos y técnicas del proyecto

Para el desarrollo de la presente investigación, se trabajó con datos numéricos de registro de precipitaciones y se empleó diferentes métodos estadísticos de estimación de caudales que permitieron determinar los diseños de obras de arte en el camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache, dentro de la cuenca Chamaya.

Es por ello que para obtención y desarrollo de los objetivos que han sido propuestos en el lugar de análisis para la tesis, se realizó un proceso metodológico basado en la elaboración de diversos estudios ingenieriles:

- **Etapa 1:** reconocimiento del terreno, estudio de tráfico, estudio topográfico, y estudio de mecánica de suelos.
- **Etapa 2:** características de la cuenca hidrográfica, análisis estadísticos en datos de hidrología, determinar la tormenta de diseño, selección del periodo de retorno, hietograma de diseño, tiempo de concentración, precipitación total y efectiva, y estimar los caudales.

- **Etapa 3:** diseños de hidráulica en cunetas, badenes, y diseño hidráulico de alcantarillas.
- **Etapa 4:** metrados, análisis de costos unitarios, y presupuesto.

4.3. Diseño estadístico

4.3.1. Población

Popper (2016) menciona que la población en una investigación es el grupo analizado de elementos que se plantea evaluar una problemática.

La investigación tuvo como población todo el camino vecinal que va desde el C.P. Valle Callacate hasta el C.P. Sinchimache, en el distrito y provincia de Cutervo.

4.3.2. Muestra

Cortés e Iglesias (2011) menciona que muestra es la parte de una población de estudio analizado en un tiempo dado.

La muestra seleccionada en esta tesis fue un tramo de 18 km del camino vecinal del C.P. Valle Callacate al C.P. Sinchimache en el distrito y provincia de Cutervo.

El camino vecinal a estudiar se localizó dentro de la cuenca hidrográfica Chamaya, la cual será parte fundamental de estudio para evaluar hidrológicamente e hidráulicamente la zona elegida.

4.3.3. Muestreo

En general se presentan 2 clases de muestreo, el probabilístico y el no probabilístico, de este último algunos autores afirman que, comprende distintas variantes como por conveniencia, intencional, por cuota y bola de nieve (Hernández, 2021).

El presente investigación seleccionó la muestra mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, en un área geográfica determinada como es el camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache, dentro de la cuenca hidrológica Chamaya.

Además, se consideró cinco ensayos esenciales para la determinación de propiedades del suelo, como: granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, Proctor Modificado y CBR.

4.4. Técnicas y herramientas estadísticas

Las técnicas y herramientas estadísticas fueron consideradas de total importancia para recolectar datos. Es por ello que este estudio se realiza mediante un trabajo de campo minucioso y detallado con el fin de obtener una data más clara y real que permitirá determinar consideraciones importantes para el diseño en obras de arte necesarias para el trecho de estudio.

4.4.1. Técnicas de recolección de datos

La técnica para la recolección de datos considerada para este estudio fue la observación, ya que ha permitido registrar diversas particularidades en elementos, dado que consiste en la recopilación de datos por medio de la observación directa y sistemática de los fenómenos que se están estudiando (Borja, 2012).

4.4.2. Técnicas de laboratorio

Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio son estudios esenciales que permiten identificar las propiedades o características de muestras específicas. Por ello se realizó un análisis detallado realizado en un Laboratorio de Mecánica de Suelos, que cuente con las tecnologías necesarias para el cumplimiento de las Normas Técnicas Peruanas.

- Análisis granulométrico: MTC E 107
- Límite líquido y plástico: MTC E 110 y MTC E 111
- Contenido de humedad: MTC E 108
- Proctor modificado: MTC E 115
- Relación de Soporte de California: MTC E 132

4.4.3. Instrumentos

Los instrumentos han sido las herramientas utilizadas por los investigadores para recoger datos en el proceso de investigación. Los instrumentos de recogida de datos habituales en investigaciones son entrevistas, los cuestionarios, el análisis documental y la observación. Además de ello, se consideraron instrumentos de carácter técnico como el manual de hidrología e hidráulica, normas técnicas y planos topográficos.

Entre los instrumentos para recolectar de datos de más notabilidad, se considerarán las fichas de observación como:

- Ficha de conteo vehicular del MTC: Esta ficha es el instrumento o herramienta del conteo vehicular, es un formato que lo brinda el MTC, que permite solo el registro de números que representen a los diferentes vehículos que pasan en el punto de estudio la cual se mostrará posteriormente dentro del estudio de tráfico.
- Fichas de laboratorio: serán aquellos formatos de laboratorio que deben cumplir con el registro de todas las características que se requiere en cada ensayo para las muestras de suelos, y así lograr determinar sus propiedades.

Por otro lado, para realizar la recolección de datos correspondiente se empleó los siguientes materiales y equipos:

Equipos topográficos: Para la realización del levantamiento topográfico mediante RKT-GPS en tiempo real dentro de la zona de estudio, se emplearon los siguientes equipos:

- Receptor GNSS GALAXY G6 IMU
- Antena Interna Uhf
- Antena GPRS de corrección diferencial NTRIP por Internet
- SIM Card para corrección diferencial NTRIP por Internet
- Antena GPRS de corrección diferencial NTRIP por Internet
- Tribrach

- Exómetro
- Plato circular
- Plato altimétrico

Softwares: los softwares empleados para desarrollar la presente investigación se mencionan a continuación:

- AutoCAD Civil 3D – 2019
- AutoCAD 2D – 2019
- ArcGIS – 10.5
- Google Earth Pro
- Hcanales versión 3.1
- Hidroesta 2
- HEC-HMS versión 4.9

CAPÍTULO 5. DESARROLLO EXPERIMENTAL

5.1. Proyecto piloto, pruebas y ensayos

La realidad situacional se realiza mediante un reconocimiento de terreno, consiste en confirmación, comprobación en diversos sitios de control que son elegidos empleando la carta de geografía, para lograr obtener las características del terreno y su extensión.

5.1.1. Reconocimiento del terreno

El reconocer terreno consiste en analizar los inconvenientes que presenta en sus suelos (deslizamientos de suelos arcillosos, suelos, curvas angostas, hundimiento de superficie, topografía accidentada), deficiencias en el diseño de obras de arte y al no contar con obras de arte como alcantarillas y badenes en algunos tramos para el escurrimiento de las aguas en temporadas de las fuertes lluvias. Por ello la presente investigación evalúa hidrológica e hidráulicamente el camino vecinal para un diseño hidráulico que incluyan alcantarillas, badenes y cunetas.

Figura 8

Obra de arte de la zona de estudio



Nota. Elaboración propia

5.1.2. Información Geográfica – Cartográfica

La presente investigación tiene como información cartográfica en:

- La carta Nacional del IGN a escala 1:100,000 correspondiente a el Distrito de Cutervo.
- Así mismo se complementó con información básica del Plano Vial del MTC.
- Mapa ecológico del Perú a escala 1:100.000
- Cartas Geológicas de escala 1:100,000 del INGEMMET.

5.1.2.1.Ubicación

El proyecto de investigación del camino vecinal a estudiar se ubicó en la sierra norte del Departamento de Cajamarca, distrito Cutervo, con altitud del camino vecinal en estudio está entre los 1318.33 m.s.n.m a 1974.80 m.s.n.m.

5.1.3. Estudio de tráfico

Se realizó el estudio de tráfico vehiculares que permitió la cuantificación, clasificaciones y conocimientos de volúmenes de vehículos que se movilizan por el trecho a estudiar. Es por ello por lo que se halló el Índice Medio Diario (IMD), definido considerando la cuenta de vehículos que de modo usual pasan por la vía y encuestas. A partir del cálculo de dicho parámetro, donde se procedió a diseñar la obra de arte y definición de geometría, acorde a la clasificación del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG, 2018) del MTC.

– **Recopilación de Información**

El trabajo de oficina, se llevó a cabo los diseños en formatos necesarios para realizar el Conteo Volumétrico de Tráfico y la Encuesta Origen/Destino (O/D). Estos formatos fueron empleados en la estación de conteo ubicadas en los "Tramos Homogéneos" previamente establecidos durante el trabajo de campo.

El formato para el Conteo Volumétrico de Tráfico incluyó la recopilación de información pertinente sobre la estación de conteo específica, así como la hora, día y fecha de cada conteo para diferentes tipos de vehículos según su eje. En este caso, la estación de conteo identificada es la ubicada en el Centro Poblado Sancullo Alto:

– **Cálculo del índice medio diario (IMDA)**

El conteo de volumen que se realizó tuvo el propósito de conocer los volúmenes de tráfico que ha soportado en las vías del proyecto, además de su formación vehicular y variaciones diarias.

Del conteo de tráfico que se realizó (sin aplicar el Factor de Corrección estacional) se obtuvo el IMDA, que representó el tráfico actual en la vía, materia del trabajo.

Para convertir el volumen de tráfico obtenido del conteo, en Índice Medio Diario (IMD), se utilizó la siguiente fórmula.

$$IMD = \frac{\sum vi}{7}$$

Donde:

V_i : Suma de los vehículos en el tiempo del conteo.

Para el IMDA, se debió calcular con data obtenida de promedios del IMD por el Factor de Corrección Estacional (FCE) por cada tipo de vehículo, diferenciado los vehículos ligeros de los pesados.

- El factor utilizado para vehículos ligeros es de $FC = 0.987970$.
- El factor utilizado para vehículos pesados es de $FC = 0.960775$.

Para calcular tráficos normales y generados en proyección, se empleó la fórmula:

$$T_n = T_o(1 + r)^{n-1}$$

Donde:

T_n : Tránsito proyectado al año “n” en vehículo/día

T_o : Tránsito del año base (actual) en vehículo/día.

n: Período de años en que se diseñará

r: Tasa anual de crecimiento del flujo vehicular

Asimismo, en ello r toma los valores de:

r_{vp} = Tasa de crecimiento anual de vehículos de pasajeros

r_{vc} = Tasa de crecimiento anual de vehículos de carga

5.1.4. Estudio Topográfico

Para el desarrollo del levantamiento de topografía del camino vecinal propuesto en la presente investigación, se empleó el Real Time Kinematic (RTK)-GPS, el cual consistió en obtención de coordenadas en tiempo real con precisiones centimétricas (1 o 2 cm + 1ppm). El método consiste en recopilar las coordenadas de manera rápida siempre y cuando la punta del polo alcance el objetivo. Es decir, el encargado o el técnico topográfico no va a tener la necesidad de dedicar más tiempo a nivelar estrictamente el

instrumento mientras recogen las coordenadas de un punto. Para ello, lo que se debe hacer es activar el sistema IMU en G6 correctamente aplicando el siguiente proceso:

- Hacer clic en el ícono de burbuja electrónico localizado en la esquina inferior derecha de la interfaz del mapa (aparecerá un recordatorio diciendo un método para inicializar la medición de inclinación IMU).
- Antes de calibrar, indicar la altura del instrumento (antena o Rover): altura vertical (hasta la parte inferior del equipo)
- Posteriormente, se debe calibrar el RTK para que el equipo este fijo (no se alterne) agitando el instrumento hacia adelante y hacia atrás hasta 5 u 8 segundos.
- Finalmente aparecerá un aviso indicando que se puede iniciar la medición de inclinación con IMU.

Se debe tener en cuenta que el bastón empleado para la medición puede tener una inclinación o un giro hasta 60 grados. La dirección de inclinación y el ángulo del bastón puede ser calculados y con ello se obtienen posteriormente las coordenadas adecuadas luego de la corrección automática de ello. Asimismo, otro punto importante es que para un replanteo es adecuado el sistema IMU debido a que permitió realizar levantamientos en puntos inaccesibles, puntos de esquina o puntos donde probablemente la señal GPS es deficiente ya que no se ve afectado por cambios en los campos magnéticos a diferencia de otros sistemas. Cabe resaltar que los certificados de garantía y operatividad de los equipos se detallaron en los anexos 2 y 3.

5.1.5. Estudio de mecánica de suelos

Para el proyecto se propuso efectuar estudios de Mecánica de Suelos, a nivel de subrasante del camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache (18 + 000 Km de longitud), a fin de conocer la tipología geomecánica y conducta de soporte en sustentación de suelos como soporte de tráfico en contextos de trocha carrozable, en donde se aplicó capa de materiales de base con características de afirmado.

5.1.5.1. Investigación en campo

Debido a la magnitud y costos que se generan del tipo de muestreo, se decidió utilizar 3 calicatas en las zonas o puntos más vulnerables y necesitadas de una obra de arte de mayor magnitud, como un sistema de drenaje, con urgencia. Dichas calicatas se efectuarán a tajo abierto con profundidades de 1.5 metros para así obtener un perfil estratigráfico donde haya comprendido toda la longitud del trecho, corroborando los resultados con planos de las diferentes instituciones.

5.1.5.2. Ensayos de laboratorio

Tienen como fin la obtención de factores necesarios para establecer propiedad física y mecánica de terrenos de fundaciones. Por ende, se han llevado a cabo ensayos, en base a las Normas A.S.T.M, NTP y AASHTO.

Tabla 3

Normas NTP- ASTM

Nombre norma	Normativa
Contenido de humedad	NTP 339.127 / ASTM D2216
Análisis granulométrico	NTP 339.129 / ASTM D422
Limite líquido	
Limite plástico	NTP 339.129 / ASTM 4318
Índice de plasticidad	
Contenido de sales solubles	NTP 339.152:2002
Corte directo	NTP 339.171
Proctor modificado	AASHTO T180
California bearing ratio (CBR)	ASTM 3080

Nota. Elaboración propia

Tabla 4*Relación de ensayos*

Ensayos de laboratorio	N.T. P	Norma ASTM/AASHTO	Cantidad
Análisis granulométrico por tamizado	339.128	ASTM D 422	3
Límite líquido	339.129	ASTMD D 4318	3
Límite plástico	339.129	ASTMD D 4318	3
Clasificación de suelos S.U.C.S.	339.134	ASTM D 2487	3
Clasificación de suelos AASHTO		AASHTO M 145	3
Contenido de humedad natural	339.127	ASTM D2216	3
Proctor modificado	339.141	ASTM D 1557	3
California Bearing Ratio (CBR)	339.145	ASTM D1883	3
Contenido de sales solubles	339.152	ASTM D1888	3

Nota. Elaboración propia**5.1.6. Diseño del pavimento del camino vecinal en estudio**

Para diseñar los pavimentos se obtuvo la subrasante en cada calicata y su ensayo CBR, acorde a las Normas AASHTO T-193, con 4 días de saturación y 95% en comparación con el Proctor modificado AASHTO T-180 D, con una penetración de 0.01”, con propósito de la agrupación homogénea y la definición de su C.B.R. (Razón Soporte California) del diseño.

– **Determinación del espesor capa de afirmado (Método NAASRA)**

A fin de dimensionar el espesor en capa de afirmados se tomó las siguientes ecuaciones del método NAASRA, (National Association of Australian State Road Authorities, hoy AUSTROADS) donde relacionó el valor soporte del suelo (CBR) y

las cargas actuantes sobre afirmados, que se expresó en números de repeticiones de EE:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

e= Espesor de capa en afirmado en mm.

CBR= Valor del CBR de la subrasante.

Nrep= Número de repeticiones de EE para el carril de diseño.

Utilizando los parámetros:

$$\text{CBR} = 5.80 \%$$

$$\text{Nrep} = 30000 \times 104$$

Tenemos un espesor de pavimento:

$$\text{Valor teórico: } e = 219.9 \text{ mm} = 220 \text{ mm} = 22 \text{ cm}$$

$$\text{Valor práctico: } e = 0.25 \text{ m}$$

5.1.7. Información pluviométrica disponible

Tabla 5

Estación meteorológica ubicada en el área de estudio

N°	Estación	Departamento	Provincia	Distrito	Latitud	Longitud	Altitud msnm
1	Cutervo	Cajamarca	Cutervo	Cutervo	78° 48' 57"	06° 22' 43"	2600
2	Querocotillo	Cajamarca	Cutervo	Querocotillo	06° 16' 25.16"	79° 2' 13.04"	1970

Nota. Elaboración propia

Además, los registros de precipitación a utilizar para el desarrollo del estudio fueron los de precipitación máxima en 24 horas. La estación ubicada más cercana al lugar de

estudio y que fue completado los datos mediante el método de regresión lineal con un patrón de tendencia, que será la estación “Cutervo”, con registro histórico de los últimos 50 años entre 1970 y 2020.

5.2. Aplicación estadística

Se realizó un análisis de estadística en lluvias dado que se evaluó la existencia en datos dudosos en la Precipitación Máxima en 24 horas en una estación durante los últimos 50 años (1970-2020). Además, se utilizó diversas distribuciones y una prueba de bondad de ajuste utilizando el método de Kolmogorov-Smirnov.

Prueba de datos dudosos (Método Water Resources Council)

A fin de comprobar la presencia en datos que generen incertidumbre, se aplicó el Método Water Resources Council. Este método utiliza un valor recomendado de K_n que varía según el número de datos (n) y la significancia deseada (10% en este caso). La fórmula utilizada para determinar umbrales de datos con duda altos (x_H) y bajos (x_L) fue:

$$x_H = \bar{x} + K_n * s$$

Donde:

\bar{x} = es el promedio de los datos.

K_n = es el valor recomendado del Método Water Resources Council.

S = es la desviación estándar de los datos.

Una vez obtenidos valores de x_H y x_L en unidades logarítmicas, se pueden convertir a valores reales de precipitación máxima (PH) y mínima (PL) utilizando la siguiente fórmula:

$$PH = 10^{x_H}$$

$$PL = 10^{x_L}$$

De esta manera, se establecieron los límites aceptables de precipitación máxima y mínima.

Distribuciones y prueba de bondad de ajuste

Se utilizaron diversas distribuciones para realizar el análisis estadístico de las precipitaciones. Entre las distribuciones a considerar se encuentran: Normal, Log-Normal 2P, Log-Normal 3P, Gumbel, Log Gumbel, Gamma 2P, Pearson III y Log Pearson III. Estas distribuciones permitieron evaluar el comportamiento de los datos y determinar cuál de ellas tiende a un ajuste mejor a cómo se distribuyen las precipitaciones.

En la verificación del ajuste de las distribuciones a los datos observados, se aplicó pruebas de bondad en ajustes utilizando el método de Kolmogorov-Smirnov. Esta prueba compara la distribución empírica de los datos con la distribución teórica asumida y proporciona un valor de prueba (estadístico D) que se compara con un valor crítico de referencia. Si el valor de prueba es menor o igual al valor crítico, se acepta la hipótesis nula de que los datos se ajustan a la distribución teórica.

El análisis estadístico permitió obtener información sobre la distribución de las precipitaciones y seleccionar la distribución con mayor ajuste a los datos que se observó.

Una vez realizado el análisis estadístico, se pudo obtener conclusiones sobre la presencia en data dudosa en la Precipitación Máxima en 24 horas y determinar la distribución más adecuada para representar las precipitaciones. Esto ha sentado las bases para cálculos de los tiempos de concentración y su caudal de diseño, abordados en capítulos siguientes.

Método del tiempo de concentración de Kirpich

Este método se utilizó para calcular tiempos de concentraciones en una subcuenca y se basa en la longitud, pendiente y radio hidráulico de la subcuenca. Las fórmulas empleadas para cálculos en tiempo de concentración (T_c) fue la siguiente:

$$T_c = 0.0168 * L^{0.5} * \frac{S^{0.5}}{0.6 * R^{0.4}}$$

Donde:

Tc= es el tiempo de concentración en horas.

L= es la longitud de la subcuenca en metros.

S= es la pendiente de la subcuenca en %.

R= es el radio hidráulico de la subcuenca en metros.

El tiempo de concentración es un parámetro importante para el cálculo de los caudales máximos, ya que influye en la respuesta hidrológica de la subcuenca.

Método del SCS (Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos)

Se utilizó con el propósito del cálculo en los caudales máximos en cunetas y se basa en la clasificación del suelo y la cobertura vegetal de la subcuenca. Se determinó un coeficiente de escorrentía (C) que representó proporciones de precipitación que pasan a ser escorrentía.

Para coeficientes en escorrentía en el pavimento, se empleó un valor de 0.85, mientras que para el talud se utiliza un valor de 0.30. Estos valores se basan en características específicas de cada tipo de superficie y reflejan la cantidad de escorrentía generada.

Cálculo del caudal

Una vez obtenidos los coeficientes de escorrentía, se procedió a calcular el caudal máximo utilizando la fórmula del método racional:

$$Q = C * i * A$$

Donde:

Q= es el caudal máximo en m³/s.

C= es el coeficiente de escorrentía.

I= es la intensidad de precipitación en mm/h.

A= es el área de la subcuenca en km².

Además del método racional, se utilizaron otros métodos para cálculos de caudales máximos en el proyecto. Estos métodos son:

HU-Adimensional: Este método utiliza la progresiva y valores adimensionales para cálculos en caudales máximos. Se proporcionan los valores de los caudales para periodos de retorno de 25 y 50 años.

HU-Triangular: Este método se basa en la progresiva y los valores adimensionales de un hidrograma triangular para determinar caudales máximos. Además muestran los caudales para periodos de retorno de 25 y 50 años.

HU-Clark-HEC-HMS: Es un método hidrológico que utiliza la progresiva y el modelo de distribución temporal de Clark con software HEC-HMS a fin de estimar los caudales máximos. Se muestran los caudales para periodos de retorno de 25 y 50 años.

HU-SCS-HEC-HMS: Este método utiliza la progresiva y el modelo de distribución temporal del Servicio de Conservación de Suelos con software HEC-HMS para calcular los caudales máximos. Se proporcionan los valores para periodos de retorno de 25 - 50 años.

HU-SNYDER-HEC-HMS: Es un método que utiliza la progresiva y el modelo de distribución temporal de Snyder en el software HEC-HMS para estimar los caudales máximos. Se presentan los caudales en periodos de retorno de 25 y 50 años.

Cada uno de estos métodos proporciona una aproximación del caudal máximo para diferentes condiciones y enfoques hidrológicos. Al utilizar múltiples métodos, se obtiene una visión más completa y robusta de los caudales esperados en el proyecto, lo cual es importante para diseñar y dimensionar adecuadamente de las estructuras de drenajes.

Proceso hidráulico y estructural

El proceso para la parte hidráulica implicó el uso de fórmulas y cálculos matemáticos utilizando parámetros básicos de hidráulica, como caudal para diseños, velocidades y dimensiones de obras de arte. Se realizaron análisis hidrológicos e hidráulicos para determinar los caudales y dimensiones adecuados de las cunetas, alcantarillas y badenes.

En cuanto a la parte estructural, se siguieron las normativas y se realizaron cálculos basados al diseño de las estructuras de las obras artísticas. Para ello, se tomaron materiales como el concreto armado y las tuberías de TMC, y se tuvieron en cuenta aspectos como las cargas, resistencia y estabilidad de las estructuras.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Resultados

6.1.1. Estudio de tráfico

En el proyecto, se tomó como base de datos las tasas de crecimiento poblacional dadas por el MTC correspondientes al crecimiento de vehículos ligeros en el departamento de Cajamarca, con alrededor del 0.57%. De igual forma, se tomó la correspondiente a la del crecimiento de vehículos pesados con respecto al Productor Bruto Interno (PBI), con alrededor de 1.29%. Por ello, se presenta las tasas en crecimiento vehicular que se consideraron en el lugar de análisis.

Tabla 6

Proyección de tráfico

Tipo de Vehículo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Tráfico Normal	48	48	48	48	48	48	48	48	50	50	50
Automóvil	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00	14.00
Station Wagon	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
Pick UP	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Micro / Combi	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	15.00	15.00	15.00
Camión 2 Ejes	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Nota. Elaboración propia

6.1.2. Topografía

Para su ejecución se consideró la transferencia de los datos almacenados en el receptor para procesarlo en Civil 3D y así realizar los planos de topografía acorde con los resultados obtenidos. En total se obtuvo 7 BMs, los cuales, son ubicados en lugares estratégicos, y sirven como base para los trabajos de topografía en replanteo, con cotas y características evidenciadas en la Tabla 7.

Tabla 7*Ubicación de puntos de control (BMS)*

N° Puntos	Código	Descripción	Norte	Este	Elevación	BM
1	P_BM	Puntos - BM	9295944.5	730500.23	1481.125	BM - 01
2	P.R_BM	P. Referencia - BM	9295945.5	730501.72	1482.976	
573	P_BM	Puntos - BM	9297937.8	729024.25	1423.303	BM - 02
574	P.R_BM	P. Referencia - BM	9297930.4	729042.5	1424.324	
1269	P_BM	Puntos - BM	9299765.1	727243.94	1456.019	BM - 03
1270	P.R_BM	P. Referencia - BM	9299754.4	727230.06	1452.226	
1740	P_BM	Puntos - BM	9300446.4	726961.95	1543.117	BM - 04
1741	P.R_BM	P. Referencia - BM	9300439.6	726952.27	1543.829	
2077	P_BM	Puntos - BM	9300815.3	727020.14	1651.833	BM - 05
2078	P.R_BM	P. Referencia - BM	9300818.8	727004.11	1651.75	
2827	P.R_BM	Puntos - BM	9301424.1	726151.85	1910.209	BM - 06
3600	P_BM	Puntos - BM	9304098.2	725334.14	2007.76	BM - 07
3601	P.R_BM	P. Referencia - BM	9304093.7	725324.58	2007.883	

Nota. Elaboración propia

En la figura 10 se presentan las evidencias de localización y toma en datos para puntos de control dentro del lugar de proyecto por medio del uso de los equipos descritos anteriormente y siguiendo todos los criterios técnicos necesarios.

Figura 10

Ubicación del punto de control (BM) 01 en campo

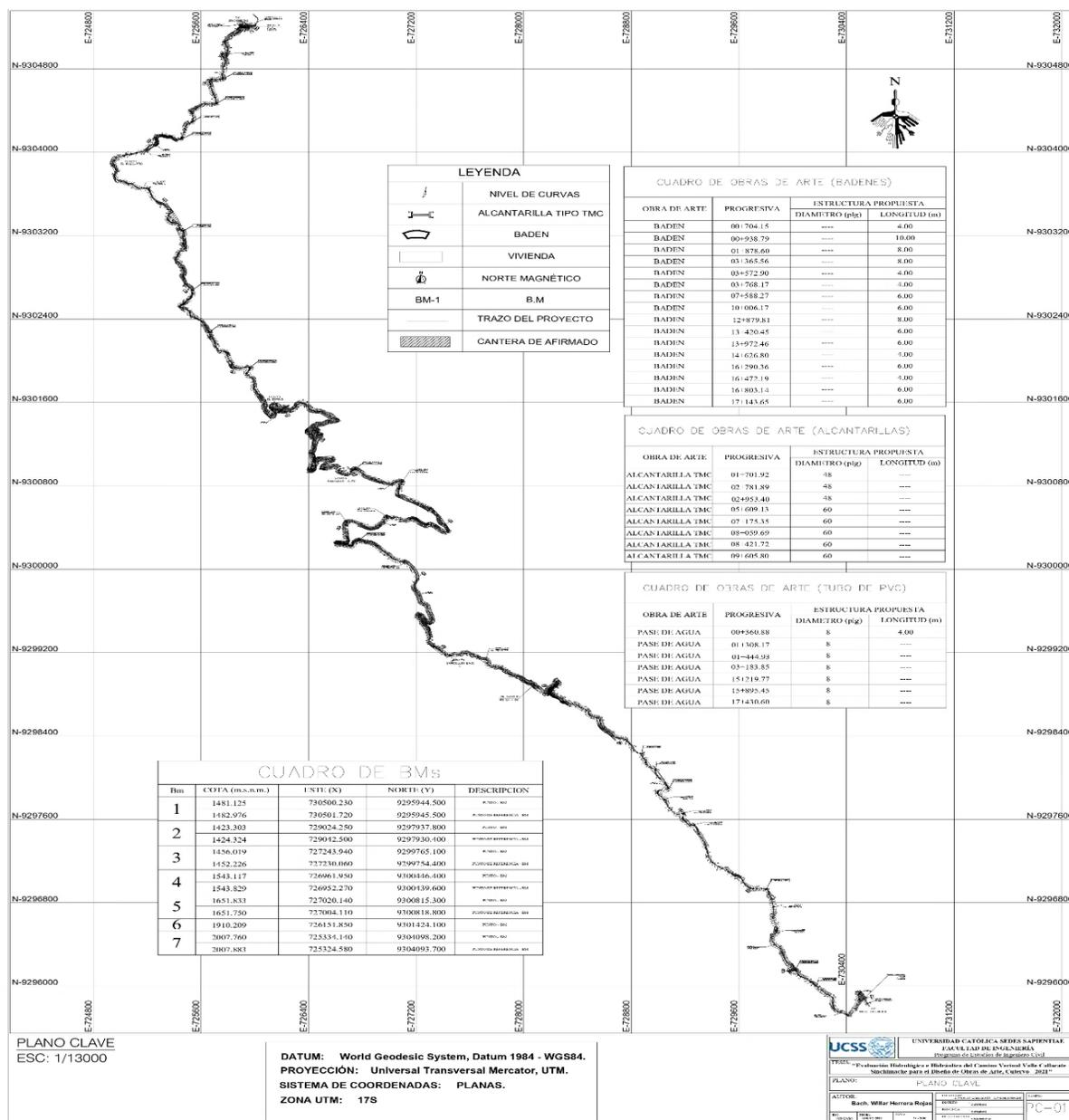


Nota. Ubicación del punto de Medición para las coordenadas del BM -01 en el área de estudio.

El siguiente plano topográfico fue realizado tras hacer siete BMs o marcas de nivelación en diferentes puntos del área. Las BMs fueron establecidas en lugares estratégicos y representativos de la zona, permitiendo así una medición más precisa de las elevaciones del terreno. El plano muestra la localización de puntos de medición, curvas de nivel y altitud en cada punto en relación con el nivel del mar. Este plano topográfico es una herramienta que es importante para la planificación y diseño de los elementos de arte que involucren el uso del terreno.

Figura 11

Plano topográfico



Nota. Elaboración propia

El proyecto de investigación consistió en realizar un estudio en campo junto a las anotaciones correspondientes y necesarias para su ejecución. Para ello, se ejecutó

reconocimiento en cada obra de arte del camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache para la toma de datos topográficos, con el instrumento GPS para la exactitud de las coordenadas y cotas, que permitan realizar las delimitaciones de las microcuencas y el posterior diseño en nuevas obras de arte.

Tabla 8

Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 1 hasta la 4

#	N° Puntos	Código	Norte	Este	Elevación	Quebradas -E. Cunetas
1	204	LQ-LI-CV	9296150.1	730020.7	1447.394	Quebrada escurrimiento de agua
	205	LQ-LD-CV	9296157	730023.74	1447.643	
	206	LQ-LI-CV	9296152.4	730015.63	1447.407	
	207	LQ-LD-CV	9296160.3	730015.95	1447.962	
2	357	LQ-LI-CV	9296929.3	729802.12	1447.847	Quebrada seca
	358	LQ-LD-CV	9296936.4	729805.62	1448.249	
3	653	LQ-LD-CV	9297895.3	729080.22	1424.92	Quebrada escurrimiento de agua
	654	LQ-LD-CV	9297899.5	729080.71	1424.85	
	655	LQ-LI-CV	9297900	729072.36	1424.628	
	656	LQ-LI-CV	9297896.6	729071.75	1424.609	
4	1083	LP-LD-C.V	9298881.9	728085.03	1326.894	Puente
	1084	LP-LD-C.V	9298882	728085.08	1327.142	
	1085	LP-LD-C.V	9298882.3	728085.39	1327.148	
	1086	LP-LI-CV	9298878.9	728081.72	1326.884	
	1087	LP-LI-CV	9298878.9	728081.64	1327.109	
	1088	LP-LI-CV	9298878.6	728081.35	1327.119	
	1089	LP-LI-CV	9298896.3	728065.16	1327.165	
	1090	LP-LI-CV	9298896.6	728065.48	1327.155	
	1091	LP-LI-CV	9298896.6	728065.54	1326.972	
	1092	LP-LD-C.V	9298899.7	728068.85	1326.915	
	1093	LP-LD-C.V	9298899.7	728068.9	1327.131	
1094	LP-LD-C.V	9298900	728069.23	1327.138		

Tabla 9*Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 5 hasta la 7*

N° Obras de Arte	N° Puntos	Código	Norte	Este	Elevación	Quebradas-Secas-Agua-E. Cunetas
	1208	LQ-LI-CV	9299129	727719.06	1343.531	
5	1209	LQ-LI-CV	9299129.5	727717.31	1343.604	Quebrada escurrimiento de agua
	1210	LQ-LD-CV	9299135.7	727718.99	1343.782	
	1211	LQ-LD-CV	9299135.2	727720.75	1343.784	
	1549	LQE-CV	9300073.7	727111.13	1454.297	
	1554	LQS-CV	9300066.2	727111.44	1453.936	
6	1837	LQS-CV	9300497.7	726984.9	1535.477	Quebrada escurrimiento de agua
	1842	LQE-CV	9300504.5	726982.9	1536.012	
	2081	LQS-CV	9300841.6	727093.79	1646.753	
	2089	LQE-CV	9300850.3	727104.65	1649.485	
	1648	LQ-LI-CV	9300275.8	726775.45	1486.731	
	1649	LQ-LI-CV	9300275	726772.67	1486.779	
7	1650	LQ-LD-CV	9300280.1	726769.53	1487.093	Quebrada escurrimiento de agua
	1651	LQ-LD-CV	9300281.5	726773.87	1487.094	
	1753	LQS-CV	9300446.2	726685.11	1538.503	
	1758	LQE-CV	9300452.6	726681.9	1538.919	

Nota. Elaboración propia

Tabla 10*Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 8 hasta la 11*

N° Obras de Arte	N° Puntos	Código	Norte	Este	Elevación	Quebradas-Secas-Agua-E. Cunetas
8	2160	LQE-CV	9300971.7	726736.78	1666.998	Quebrada escurrimiento de agua
	2161	LQE-CV	9300968.5	726737.56	1667.063	
	2162	LQS-CV	9300952.6	726748	1666.836	
	2163	LQS-CV	9300954.4	726750.53	1666.232	
9	2893	LQS-CV	9301931.1	725960.98	1914.099	Quebrada escurrimiento de agua
	2894	LQS-CV	9301929.1	725962.43	1914.133	
	2897	LQE-CV	9301939.7	725972.9	1916.208	
	2898	LQE-CV	9301935.9	725974.97	1916.518	
10	3006	LQS-CV	9302276	725658.88	1911.111	Quebrada escurrimiento de agua
	3007	LQS-CV	9302274	725659.7	1910.808	
	3010	LQE-CV	9302283.3	725669.18	1913.996	
	3011	LQE-CV	9302278.1	725670.75	1913.278	
11	3135	LQS-CV	9302679.1	725527.27	1907.398	Quebrada escurrimiento de agua
	3136	LQS-CV	9302674.9	725528.47	1907.35	
	3139	LQE-CV	9302678.9	725550.07	1909.789	
	3140	LQE-CV	9302685.8	725550.56	1910.082	

Nota. Elaboración propia

Tabla 11*Ubicación de las microcuencas y obras de arte desde la 12 hasta la 14*

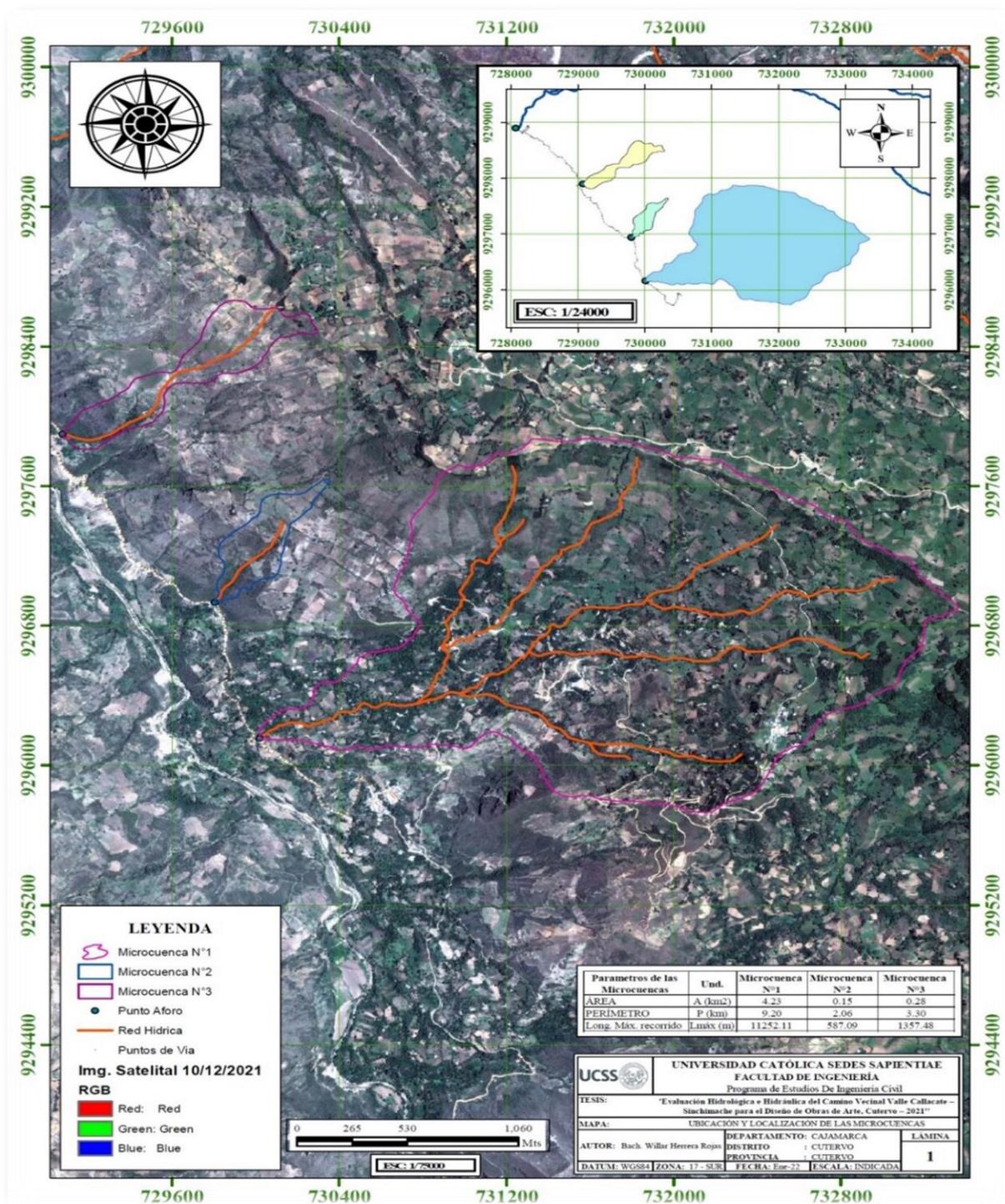
N° Obras de Arte	N° Puntos	Código	Norte	Este	Elevación	Quebradas-Secas-Agua-E. Cunetas
12	3636	LQE-CV	9304124.1	725468.25	1966.971	Quebrada seca escurre agua
	3637	LQE-CV	9304129.1	725472.23	1966.899	
	3642	LQS-CV	9304140.8	725455.47	1964.375	
	3643	LQS-CV	9304137.1	725453.19	1964.617	
13	3741	LQE-CV	9304460.2	725721.65	1951.946	Quebrada seca
	3742	LQE-CV	9304467.2	725723.71	1950.488	
	3747	LQS-CV	9304474.9	725711.78	1947.708	
	3748	LQS-CV	9304472.8	725708.8	1947.641	
14	3800	LQE-CV	9304703.8	725770.97	1923.337	Quebrada seca
	3801	LQE-CV	9304709.9	725772.64	1923.395	
	3806	LQS-CV	9304714	725759.28	1921.031	
	3807	LQS-CV	9304709.6	725756.71	1921.696	

Nota. Elaboración propia

Las siguientes figuras de relieve de terreno que muestran las microcuencas (UH 01, 02 y 03), red hidráulica y las características del terreno accidentado. El plano fue creado utilizando técnicas de teledetección y georreferenciación que permiten visualizar la distribución y conectividad de las microcuencas presentes en la zona de investigación. Además, se puede apreciar la red hidráulica de la zona, con sus correspondientes afluentes, cauces y desembocaduras. En cuanto al terreno, el plano muestra las diferentes altitudes de la superficie, a través de la representación de los rasgos morfológicos como las laderas, valles y cimas. De esta forma, se puede identificar la topografía y las características del terreno accidentado.

Figura 12

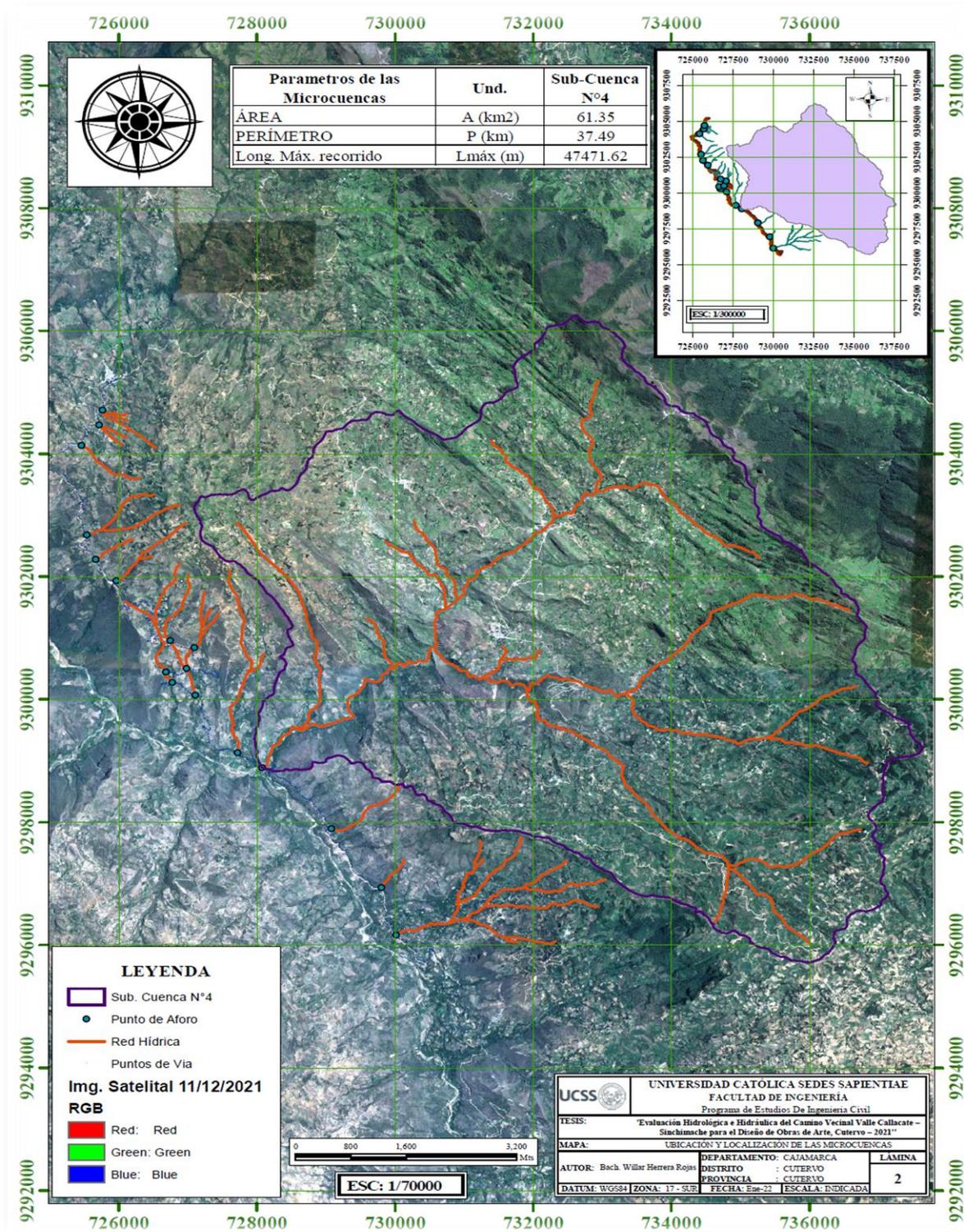
Plano relieve microcuencas UH 01,02 y 03



Nota. Elaboración propia

Figura 13

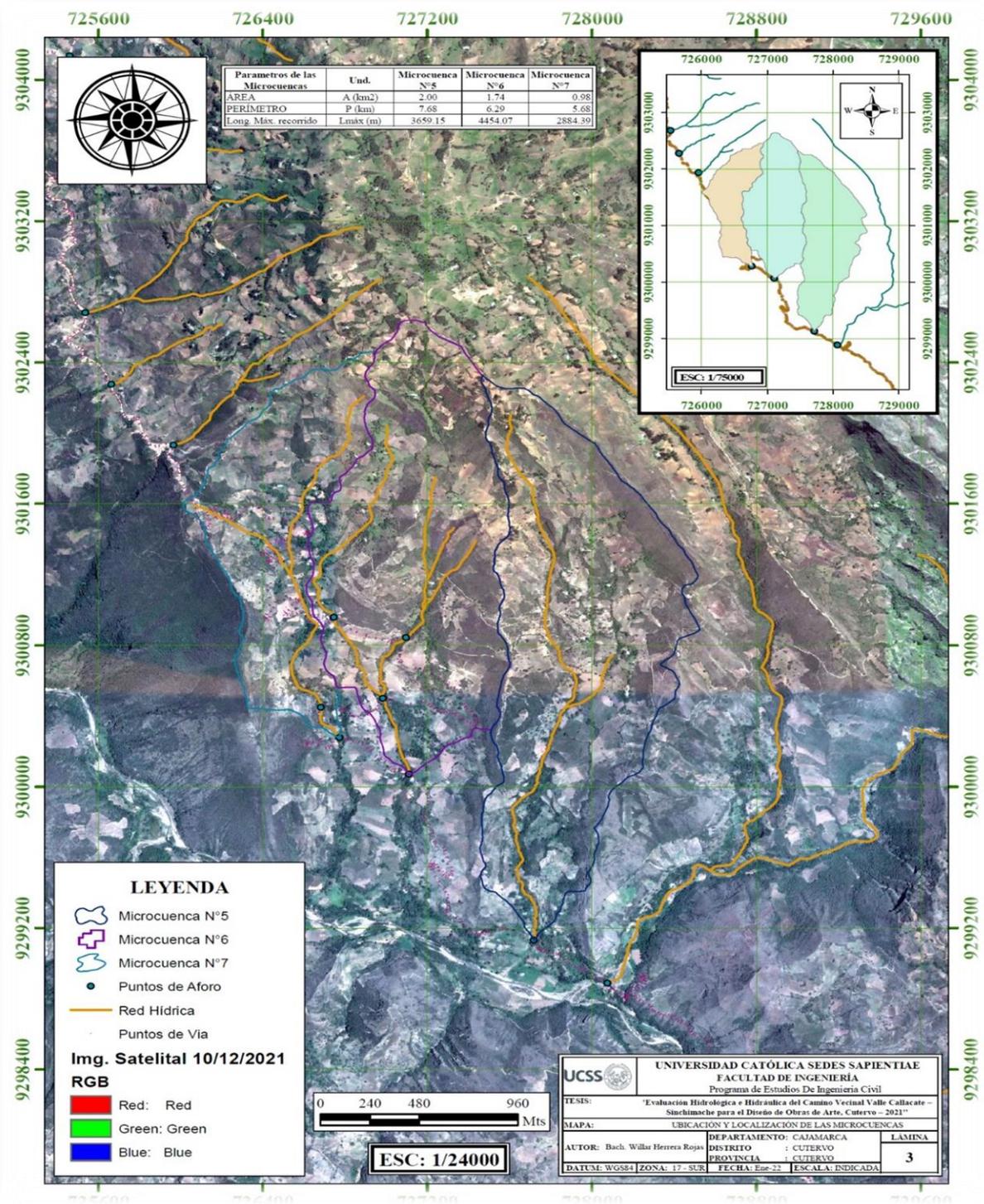
Plano relieve microcuencas UH 04



Nota. Elaboración propia

Figura 14

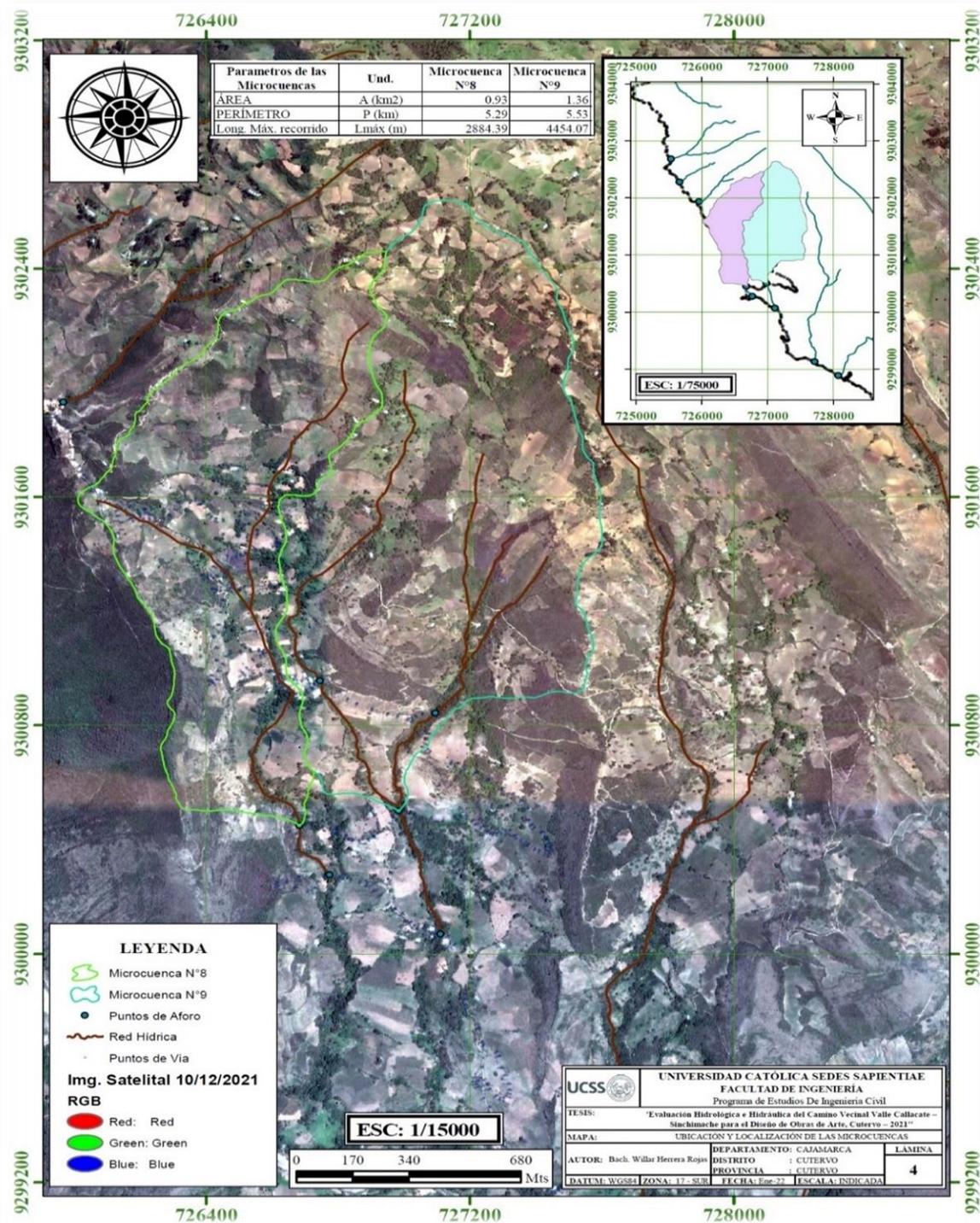
Plano relieve microcuencas UH 05, 06 y 07



Nota. Elaboración propia

Figura 15

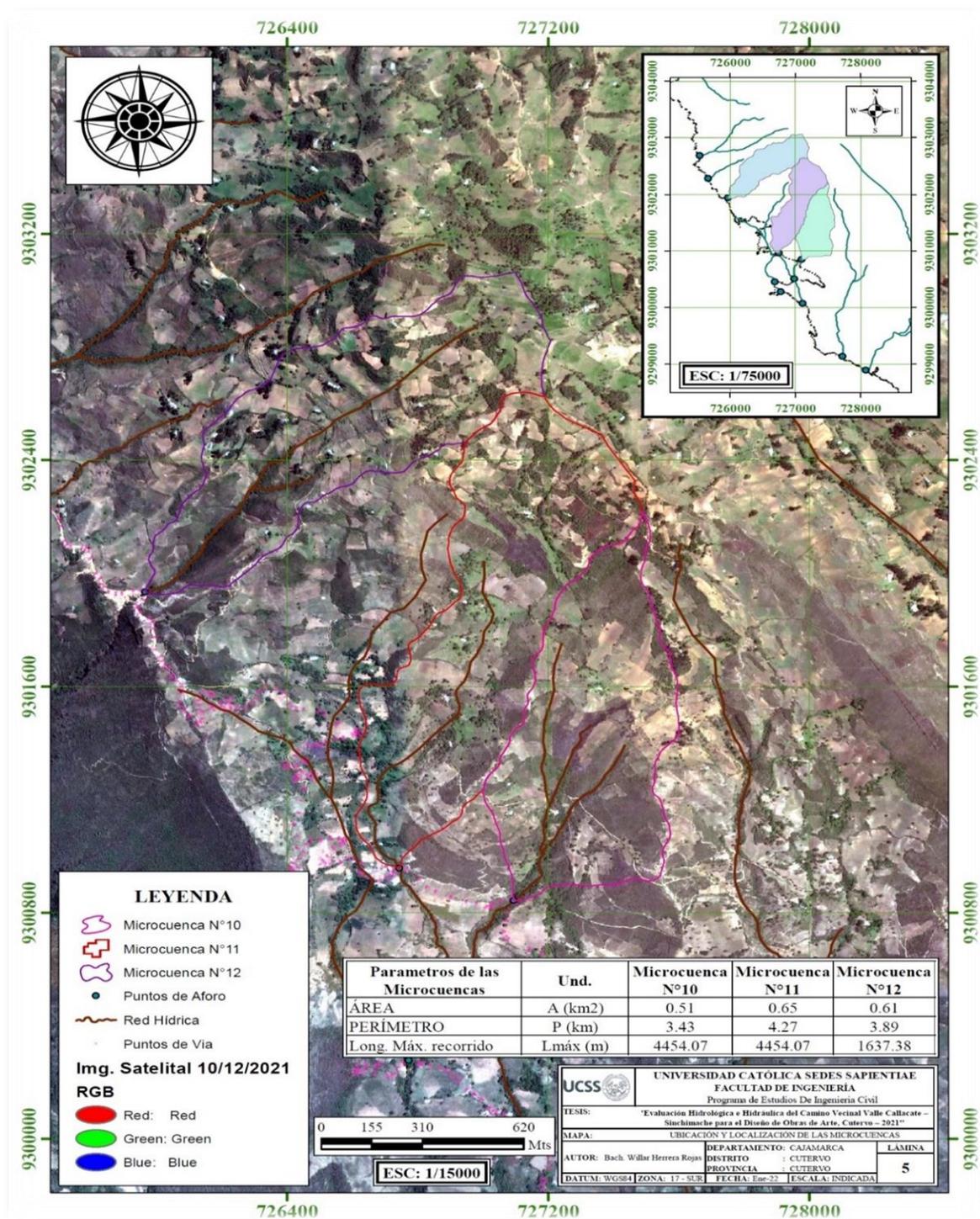
Plano relieve microcuencas UH 08 y 09



Nota. Elaboración propia

Figura 16

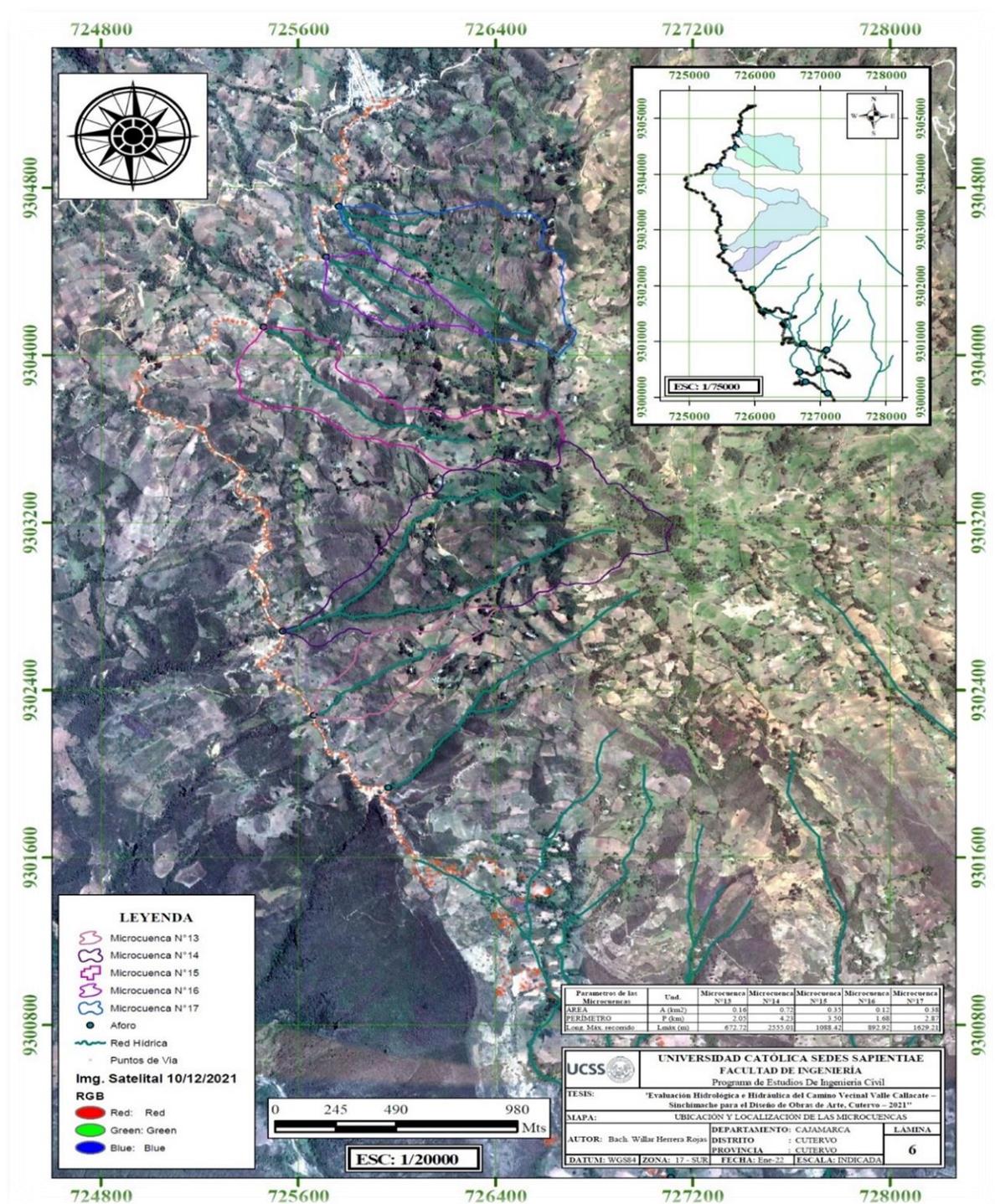
Plano relieve microcuencas UH 10, 11 y 12



Nota. Elaboración propia

Figura 17

Plano relieve microcuencas UH 13, 14 y 15



Nota. Elaboración propia

6.1.3. Condiciones del suelo

Los perfiles de estratigrafía de la zona analizada se crearon a fin de reconocer las propiedades geotécnicas de sus materiales constituyentes, con el fin de evaluar hidrológica e hidráulicamente las estructuras de ingeniería presentes. Estos perfiles se generaron a partir de la interpretación de los datos recopilados en el trabajo de campo, inspecciones in situ y ensayos de laboratorio, además considerando las características geológicas específicas de la región analizada. Cabe resaltar que las evidencias de la realización de dichos ensayos están especificadas en el Anexo 3.

Hay diferentes tipos de suelo en concordancia con el sistema de clasificación SUCS. En la exploración se detectó suelos del tipo CL y SC-SM, en su mayoría está conformado por arcillas con arenas y limo de mediana plasticidad.

– **Calicata C-1**

0.00 – 0.10 m de profundidad: Material orgánico con presencia de raíces.

0.10 – 1.50 m de profundidad: Los suelos se clasifican acorde al Sistema SUCS como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, de color marrón oscuro, de compacidad media, con una humedad natural de 32.82% y contenido en sales de 0.04%. un C.B.R al 100% de 8.9% y al 95% de 5.4%. Se identifica en el Sistema AASHTO, como A – 7 – 6 (17).

– **Calicata C-2**

0.00 – 0.10 m de profundidad: Material orgánico con presencia de raíces.

0.10 – 1.50 m de profundidad: Los suelos, se clasifican acorde al Sistema SUCS como CL, arcillas inorgánicas de mediana plasticidad, de color amarillento, de compacidad media, con una humedad natural de 21.73% y contenido en sales de 0.03%. un C.B.R al 100% de 9.5% y al 95% de 5.8%. Se identifica en el Sistema AASHTO, como A – 7 – 6 (10).

– **Calicata C-3**

0.00 – 0.10 m de profundidad: Material orgánico con presencia de raíces.

0.10 – 1.50 m de profundidad: Los suelos, se clasifican acorde al Sistema SUCS como SC-SM, Material arenoso con limos y arcillas, de color marrón claro, de compacidad media, con humedades naturales de 17.34% y contenido en sales de 0.04%. un C.B.R al 100% de 10.1% y al 95% de 6.2%. Se identifica en el Sistema AASHTO, como A – 4 (3).

Tabla 12*Resultado de Laboratorio*

N° Calicata	Prof. (m)	CBR (95%)	Análisis Granulométrico		Límites de ATTTERBERG			Clasificación	
			Pasa 40	Pasa 200	LL	LP	IP	SUC S	AASHTO
C – 1	0.10 – 1.50	5.4	91.82	75.74	48.6 2	21.8 6	26.7 6	CL	A-7-6 (17)
C – 2	0.10 – 1.50	5.8	87.90	70.10	41.0 5	22.8 5	18.2 0	CL	A-7-6 (10)
C – 3	0.10 – 1.50	6.2	98.59	47.88	24.8 0	19.2 9	5.51	SC- SM	A-4 (3)

Nota. Elaboración propia**Agresividad del suelo**

Los datos obtenidos respecto a la agresividad del suelo fueron:

Tabla 13*Resultado de agresividad del suelo.*

Calicata	Sales solubles totales
C1	0.04%
C2	0.03%
C3	0.04%

Nota. Elaboración propia

Nivel de agua subterránea

Tabla 14

Resultado de nivel de agua subterránea.

Calicata	Nivel Freático
C1	NO
C2	NO
C3	NO

Nota. Elaboración propia

Determinación del C.B.R. (95%)

Tabla 15

Resultado del C.B.R de diseño del camino vecinal

Calicata	Profundidad	C.B.R. (95%)
C1	0.10 – 1.50	5.4%
C2	0.10 – 1.50	5.8%
C3	0.10 – 1.50	6.2%
Promedio		5.8%

Nota. Elaboración propia

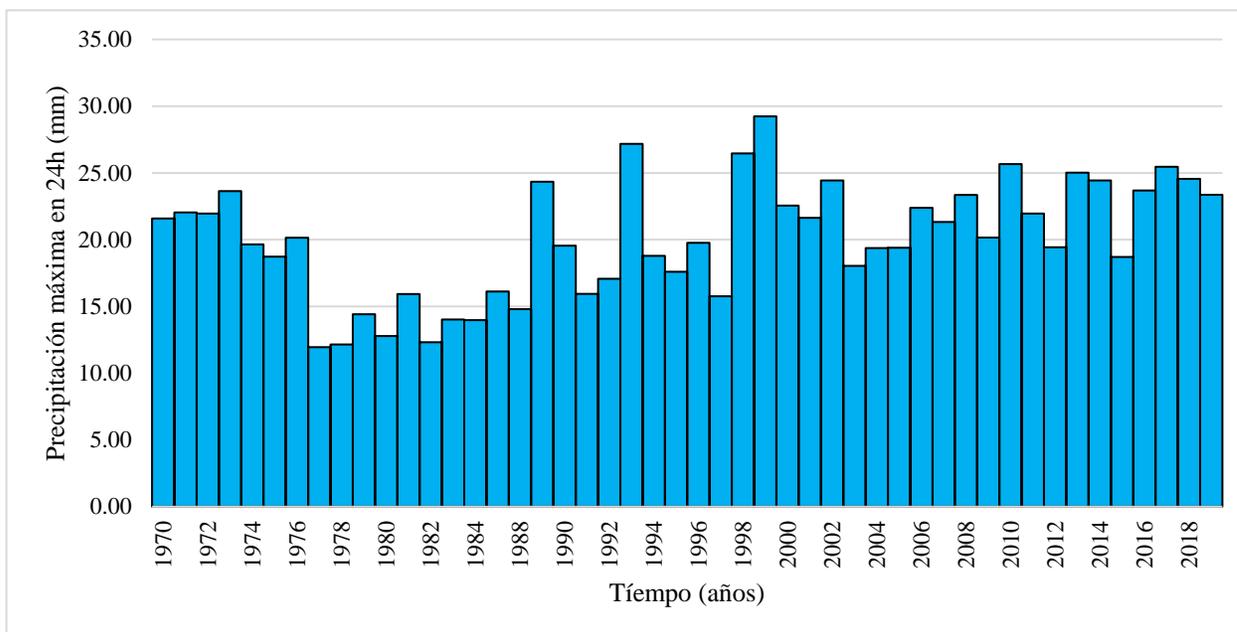
Indica que el promedio del CBR (al 95%) obtenido tendrá un porcentaje de 5.8% para el diseño.

6.1.4. Estudio Hidrológico

Se empleó la recolección de datos pluviométricos de la estación Cutervo. Estos datos se recolectaron desde 1970 a 2020, tomando 48 años con datos. Estos datos se obtuvieron haciendo una solicitud para Tesista a SENAMHI, accediendo a la modalidad: atención al ciudadano. Para el procesamiento de datos, primero se realizó el orden de las precipitaciones obtenidas, según lo máximo que han obtenido en 24 horas al año, completando tal como se muestra en la tabla (Ver Anexo 5) y el resumen en la figura siguiente:

Figura 18

Precipitación máxima 24 horas, promedio anual, en la estación Cutervo



Nota. Elaboración propia

Luego de la obtención los datos de las precipitaciones, se analizó estadísticamente para comprobar, en primer lugar, la presencia de datos dudosos con respecto a la Precipitación Máxima en 24 horas de dicha estación de los últimos 50 años (1970-2020).

Tabla 16

Análisis de datos dudosos- Estación Cutervo (1970-2020)

	Número de datos n	48	48
Suma Σ		1987.6	76.9780
Máximo		65.0	1.8129
Mínimo		20.4	1.3096
Promedio \bar{x}		41.4	1.6037
Desviación estándar s		9.9721	0.1120

Coefficiente asimetría Cs	0.0424	-0.6899
Cs/6 k	0.0071	-0.1150

Nota. Elaboración propia

▪ **Prueba de datos dudosos (Método Water Resources Council)**

n =48

$K_n = 2.753$ (valor recomendado, varía según el valor de n - significancia:10%)

Umbral de datos dudosos altos (x_H : unid. logarítmicas):

$$x_H = \bar{x} + K_n * s$$

$$x_H = 1.91$$

Precipitación máxima aceptada:

$$PH = 10^{x_H}$$

$$PH = 81.7 \quad \text{mm}$$

Umbral de datos dudosos bajos (x_L : unid. logarítmicas):

$$x_L = \bar{x} - K_n * s$$

$$x_L = 1.30$$

Precipitación mínima aceptada:

$$PL = 10^{x_L}$$

$$PL = 19.7 \quad \text{mm}$$

Como se aprecia, el mayor valor aceptado para precipitaciones de 81.7 mm, y se obtuvo datos de la tabla 36 un valor máximo de 65.0; para valores mínimos, mínimos aceptables es 19.7mm, siendo valores mínimos en precipitaciones 20.4 mm. Por tanto, precipitaciones en dicha estación dentro de los rangos aceptables; donde se concluyó que no existe muestra de datos dudosos.

Tabla 17*Prueba de bondad de ajuste*

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE (Smirnov Kolmogorov)					
Distribuciones	Nivel de significancia	Δ Tabular	Δ Teórico	Ajuste	Jerarquía
Normal	0.05	0.1963	0.0601	Si se ajusta	1
Log Normal 2 Parámetros	0.05	0.1963	0.1083	Si se ajusta	4
Log Normal 3 Parámetros	0.05	0.1963	0.0724	Si se ajusta	2
Gamma 2 Parámetros	0.05	0.1963	0.0913	Si se ajusta	3
Log Pearson Tipo III	0.05	0.1963	0.1553	Si se ajusta	6
Gumbel	0.05	0.1963	0.1127	Si se ajusta	5
Log Gumbel	0.05	0.1963	0.1718	Si se ajusta	7

Nota. Elaboración propia

Tabla 18*Distribuciones teóricas de ajuste*

Gráficas del ajuste Smirnov Kolmogorov - diversas distribuciones teóricas									
m	X	P(X)	Normal	Log Normal 2P	Log Normal 3P	Gamma 2P	Log Pearson Tipo III	Gumbel	Log Gumbel
1	20.40	0.0217	0.0176	0.0039	0.0114	0.0066	0.0000	0.0002	0.0000
2	21.70	0.0435	0.0241	0.0079	0.0170	0.0114	0.0000	0.0008	0.0000
3	22.60	0.0652	0.0296	0.0120	0.0221	0.0161	0.0003	0.0018	0.0001
4	24.80	0.0870	0.0479	0.0293	0.0396	0.0338	0.0066	0.0086	0.0021
5	30.00	0.1087	0.1263	0.1262	0.1218	0.1242	0.1142	0.0876	0.0915
6	31.00	0.1304	0.1483	0.1549	0.1456	0.1506	0.1518	0.1175	0.1311
7	31.20	0.1522	0.1530	0.1610	0.1506	0.1562	0.1598	0.1241	0.1397
8	32.00	0.1739	0.1727	0.1865	0.1720	0.1797	0.1930	0.1521	0.1764
9	32.50	0.1957	0.1858	0.2032	0.1862	0.1952	0.2146	0.1711	0.2006
10	33.20	0.2174	0.2052	0.2277	0.2071	0.2180	0.2457	0.1992	0.2357
11	33.70	0.2391	0.2198	0.2458	0.2228	0.2349	0.2684	0.2202	0.2615
12	34.00	0.2609	0.2288	0.2569	0.2325	0.2454	0.2820	0.2332	0.2770
13	35.20	0.2826	0.2668	0.3026	0.2734	0.2888	0.3370	0.2872	0.3395
14	36.00	0.3043	0.2938	0.3341	0.3022	0.3190	0.3735	0.3244	0.3806
15	38.00	0.3261	0.3663	0.4144	0.3785	0.3975	0.4615	0.4188	0.4779
16	38.00	0.3478	0.3663	0.4144	0.3785	0.3975	0.4615	0.4188	0.4779

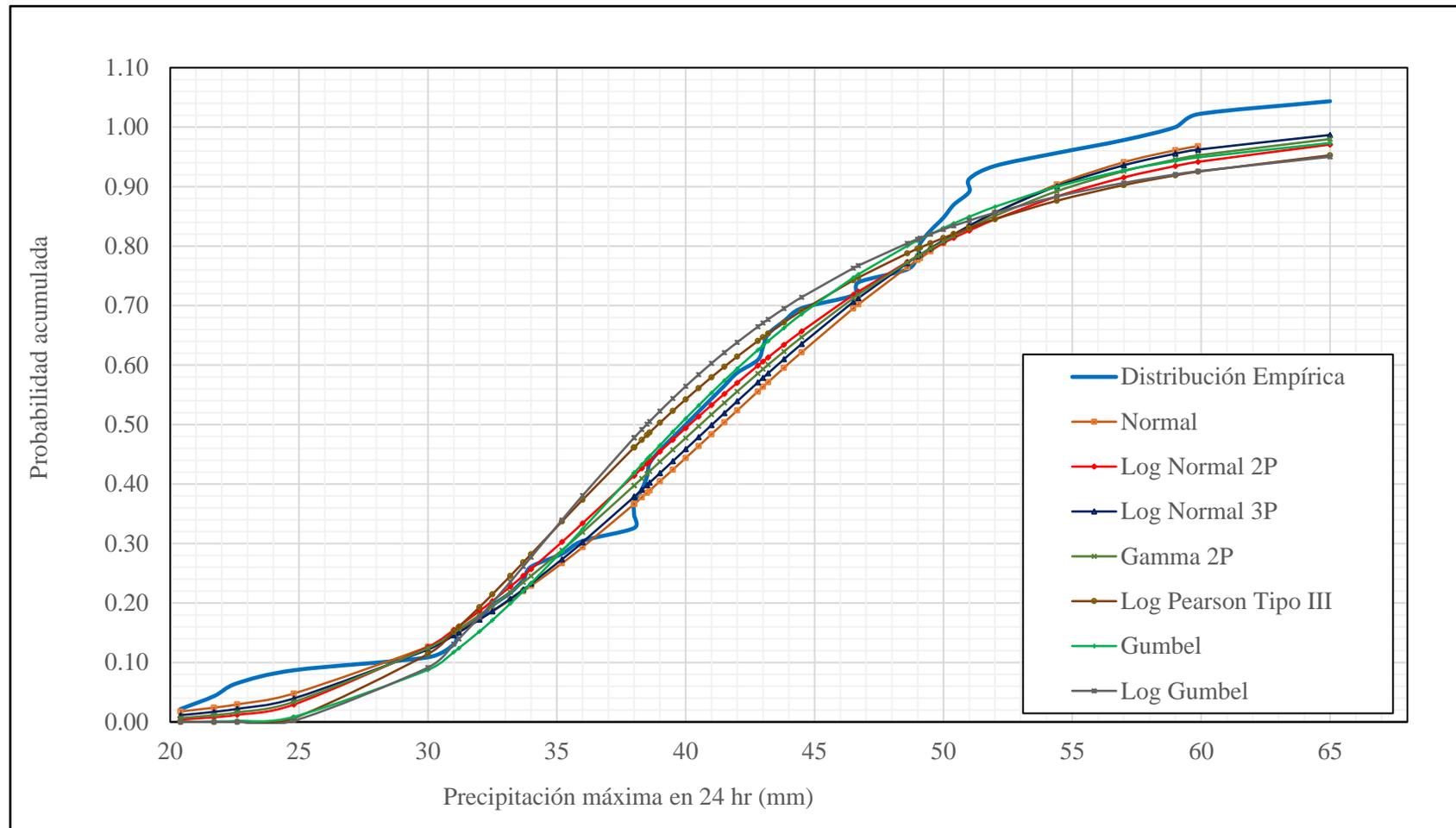
17	38.00	0.3696	0.3663	0.4144	0.3785	0.3975	0.4615	0.4188	0.4779
18	38.30	0.3913	0.3776	0.4264	0.3904	0.4094	0.4741	0.4328	0.4916
19	38.50	0.4130	0.3853	0.4345	0.3983	0.4174	0.4824	0.4421	0.5006
20	38.60	0.4348	0.3891	0.4385	0.4023	0.4214	0.4866	0.4468	0.5051
21	39.00	0.4565	0.4046	0.4545	0.4183	0.4375	0.5029	0.4652	0.5226
22	39.50	0.4783	0.4241	0.4744	0.4384	0.4575	0.5229	0.4879	0.5438
23	40.00	0.5000	0.4438	0.4941	0.4586	0.4774	0.5423	0.5102	0.5643
24	40.50	0.5217	0.4637	0.5135	0.4788	0.4972	0.5612	0.5320	0.5840
25	41.00	0.5435	0.4837	0.5327	0.4990	0.5169	0.5795	0.5534	0.6029
26	41.50	0.5652	0.5037	0.5516	0.5192	0.5364	0.5972	0.5741	0.6210
27	42.00	0.5870	0.5237	0.5701	0.5392	0.5556	0.6143	0.5943	0.6383
28	42.80	0.6087	0.5555	0.5990	0.5708	0.5858	0.6405	0.6254	0.6645
29	43.00	0.6304	0.5634	0.6060	0.5786	0.5932	0.6468	0.6329	0.6708
30	43.20	0.6522	0.5713	0.6130	0.5863	0.6006	0.6530	0.6402	0.6769
31	43.82	0.6739	0.5954	0.6341	0.6099	0.6229	0.6715	0.6623	0.6951
32	44.50	0.6957	0.6217	0.6568	0.6356	0.6469	0.6912	0.6857	0.7141
33	46.50	0.7174	0.6952	0.7178	0.7061	0.7124	0.7426	0.7470	0.7629
34	46.70	0.7391	0.7022	0.7234	0.7127	0.7186	0.7472	0.7526	0.7673
35	48.60	0.7609	0.7646	0.7733	0.7715	0.7726	0.7879	0.8004	0.8047
36	49.00	0.7826	0.7768	0.7829	0.7829	0.7831	0.7956	0.8094	0.8117
37	49.10	0.8043	0.7797	0.7852	0.7857	0.7856	0.7975	0.8116	0.8134
38	49.50	0.8261	0.7914	0.7944	0.7966	0.7956	0.8049	0.8201	0.8201

39	50.00	0.8478	0.8055	0.8054	0.8097	0.8077	0.8137	0.8303	0.8281
40	50.40	0.8696	0.8164	0.8139	0.8198	0.8169	0.8205	0.8381	0.8342
41	51.00	0.8913	0.8319	0.8261	0.8342	0.8302	0.8302	0.8492	0.8428
42	51.00	0.9130	0.8319	0.8261	0.8342	0.8302	0.8302	0.8492	0.8428
43	52.00	0.9348	0.8559	0.8450	0.8564	0.8507	0.8453	0.8661	0.8562
44	54.40	0.9565	0.9037	0.8834	0.9007	0.8922	0.8762	0.8998	0.8833
45	57.00	0.9783	0.9410	0.9155	0.9359	0.9260	0.9026	0.9272	0.9063
46	59.00	1.0000	0.9611	0.9346	0.9554	0.9456	0.9189	0.9432	0.9205
47	59.88	1.0218	0.9680	0.9417	0.9622	0.9526	0.9251	0.9491	0.9259
48	65.00	1.0435	0.9910	0.9707	0.9868	0.9800	0.9527	0.9733	0.9501

Nota. Elaboración propia

Figura 19

Gráfico del ajuste de distribuciones teóricas



Nota. Elaboración propia

6.1.5. Parámetros geomorfológicos

En las siguientes tablas, se muestran los principales parámetros geomorfológicos que presentan las unidades hidrológicas en el área de análisis, y sus determinados tiempos de concentración.

Tabla 19

Parámetros geomorfológicos de las microcuencas

Und.	Área (km ²)	Per (km)	Centroide		Long. Máx.	Ancho promedio	Desnivel altitudinal	Factor forma	Coefficiente Gravelius.	Long. rectángulo equivalente.		Densidad drenaje
			X	Y	L. Máx. (m)	W (km)	DZ (m)	F	K	L1	L2	-
M1	4.23	9.20	731775.06	9296805.86	11252.11	0.38	1170.00	0.03	1.26	3.38	1.25	2.66
M2	0.15	2.06	730027.70	9297281.67	587.09	0.25	440.00	0.43	1.52	0.87	0.17	3.99
M3	0.28	3.30	729686.55	9298267.61	1357.48	0.21	685.00	0.15	1.76	1.47	0.19	4.82
M4	61.35	37.49	732682.73	9300889.57	47471.62	1.29	1747.00	0.03	1.35	14.72	4.17	0.77
M5	2.00	7.68	727900.95	9300769.58	3659.15	0.55	1085.00	0.15	1.53	3.26	0.61	1.83
M6	1.74	6.29	727148.12	9301316.48	4454.07	0.39	1015.00	0.09	1.34	2.46	0.71	2.55
M7	0.98	5.68	726505.85	9301448.01	2884.39	0.34	864.00	0.12	1.61	2.46	0.40	2.93
M8	0.93	5.29	726499.90	9301502.09	2884.38	0.32	814.00	0.11	1.55	2.25	0.41	3.09
M9	1.36	5.53	727116.82	9301540.21	4454.07	0.30	923.00	0.07	1.34	2.15	0.63	3.28
M10	0.51	3.43	727331.30	9301421.55	2634.36	0.19	740.00	0.07	1.36	1.36	0.37	5.21
M11	0.65	4.27	727017.69	9301844.42	1819.71	0.36	803.00	0.20	1.49	1.79	0.37	2.79

M12	0.61	3.89	726592.11	9302533.61	1637.38	0.37	554.00	0.23	1.41	1.57	0.39	2.69
M13	0.16	2.05	725992.03	9302514.79	672.72	0.24	338.00	0.36	1.43	0.84	0.20	4.10
M14	0.72	4.23	726389.29	9303088.21	2555.01	0.28	597.00	0.11	1.41	1.71	0.42	3.54
M15	0.35	3.50	725957.18	9303751.53	1088.42	0.33	440.00	0.30	1.66	1.53	0.23	3.07
M16	0.12	1.68	725965.13	9304292.88	892.92	0.14	300.00	0.16	1.34	0.66	0.19	7.15
M17	0.38	2.87	726323.17	9304424.37	1629.21	0.23	470.00	0.14	1.31	1.10	0.35	4.27

Nota. La tabla presenta las variables hidrológicas para 17 cuencas, estas variables se utilizan comúnmente en hidrología para caracterizar una cuenca y entender su comportamiento hidrológico.

Tabla 20

Parámetros de cauce de unidades hidrológicas

Unidades Hidrográficas	Área (km²)	D (km²)	Longitud del cauce (m)	Longitud del cauce (km)	Cota Máx (msnm)	Cota Mín (msnm)	Desnivel (m)	Pendiente (m/m)
UH 01	4.227	2.320	3745.280	3.745	2641.000	1473.000	1168.00	0.3119
UH 02	0.147	0.433	922.640	0.923	1920.000	1481.000	439.00	0.4758
UH 03	0.181	0.479	1600.300	1.600	2132.000	1450.000	682.00	0.4262
UH 04	61.347	8.838	12700.000	12.700	3135.000	1334.000	1801.00	0.1418
UH 05	7.681	3.127	3558.150	3.558	2446.000	1362.000	1084.00	0.3047
UH 06	1.743	1.490	3097.420	3.097	2486.000	1470.000	1016.00	0.3280
UH 07	0.985	1.120	2549.940	2.550	2375.000	1510.000	865.00	0.3392
UH 08	0.935	1.091	2364.950	2.365	2375.000	1561.000	814.00	0.3442
UH 09	1.357	1.314	2536.550	2.537	2486.000	1565.000	921.00	0.3631

UH 10	0.506	0.802	1403.180	1.403	2408.000	1681.000	727.00	0.5181
UH 11	0.653	0.912	2486.000	2.486	1996.380	1681.000	315.38	0.1269
UH 12	0.609	0.880	1739.580	1.740	2499.000	1948.000	551.00	0.3167
UH 13	0.164	0.457	951.041	0.951	2272.000	1933.000	339.00	0.3565
UH 14	0.721	0.958	2127.970	2.128	2526.000	1929.000	597.00	0.2805
UH 15	0.354	0.672	1503.710	1.504	2422.000	1985.000	437.00	0.2906
UH 16	0.125	0.399	769.975	0.770	2262.000	1977.000	285.00	0.3701
UH 17	0.381	0.697	1336.030	1.336	2421.000	1952.000	469.00	0.3510

Nota. Se puede observar que las unidades hidrográficas varían en tamaño y características topográficas, lo que indica la necesidad de estrategias específicas de gestión del recurso hídrico para cada una de ellas.

6.1.6. Análisis de la tormenta

a. Intensidades de diseño

Para generar las curvas IDF es fundamental calcular previamente las precipitaciones con intervalos de duración menores a 24 horas en intervalos de 10,20,30,40,50,60,90,120,240,360,420,480,600,660,720 y 1440 min.

b. Periodos de retorno

Se refiere al periodo de tiempo estimado donde se espera que ocurra un evento hidrológico extremo, como una inundación, con una determinada magnitud. Este periodo de retorno se elige acorde al riesgo aceptable y vidas útiles prevista para estructuras. Es importante destacar que las obras de drenaje de carreteras generalmente se diseñan considerando periodos en retorno menores a 100 años, como se indica en el Manual de Carreteras del MTC del año 2018.

Tabla 21

Periodos de retorno según MTC

Estructura	Período de retorno recomendado
Alcantarillas	
Alcantarillas pequeñas	10 años
Alcantarillas medianas	25 años
Alcantarillas grandes	50 años
Cunetas	
Cunetas de pavimento	10 años
Cunetas de tierra o grava	5 años
Badenes	
Badenes tipo I	10 años
Badenes tipo II	25 años
Badenes tipo III	50 años

El cuadro proporciona datos para diferentes tiempos de retorno, de 25 a 50 años, y muestra diseños en caudales correspondientes a cada tipo de estructura. En el presente estudio, se considera que para las estructuras de cuneta un tiempo de retorno de 10 años, mientras que para alcantarillas y badenes se considerará periodos de retorno de 25 y 50 años.

c. **Elaboración de curvas IDF**

El método IDF Grobe o Dyck y Peschke es uno de los tres métodos que se utilizaron para la estimación de intensidades máximas de lluvia en funciones de duración y frecuencia del evento. Esta metodología proporciona una fórmula específica para el cálculo de su intensidad máxima en lluvias con base en el período de retorno y la duración de la precipitación.

En el caso del presente trabajo, se seleccionó el método IDF Grobe o Dyck y Peschke para realizar el análisis debido a su idoneidad para la zona de estudio. La fórmula correspondiente a este método se expresa como:

$$I = \frac{10^{2.6679 * T^{0.0895}}}{t^{0.75}}$$

Donde:

I=representa la intensidad máxima de lluvia en milímetros por hora (mm/h).

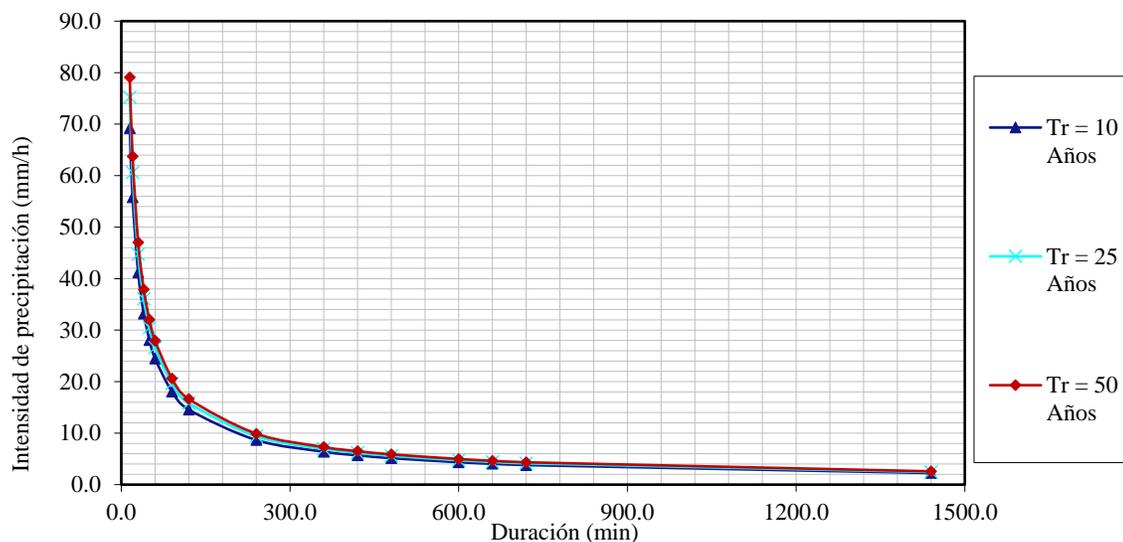
T=es el período de retorno en años.

T=es la duración de la precipitación en minutos.

Esta fórmula permite estimar la intensidad máxima de lluvia que se puede esperar en un determinado período de tiempo y nos proporciona información valiosa para el diseño de hidráulica en estructuras de drenaje. Al utilizar el método IDF Grobe o Dyck y Peschke, se ha tenido en cuenta la frecuencia de los eventos de lluvia y su relación con la duración, lo que permite tomar decisiones adecuadas para el diseño y dimensionamiento de las obras de drenaje en la zona de análisis. Es importante destacar que la elección de este método se basó en consideraciones técnicas y en su aplicabilidad para la zona específica de estudio.

Figura 20

Curvas IDF método Grobe O Dyck y Peschke



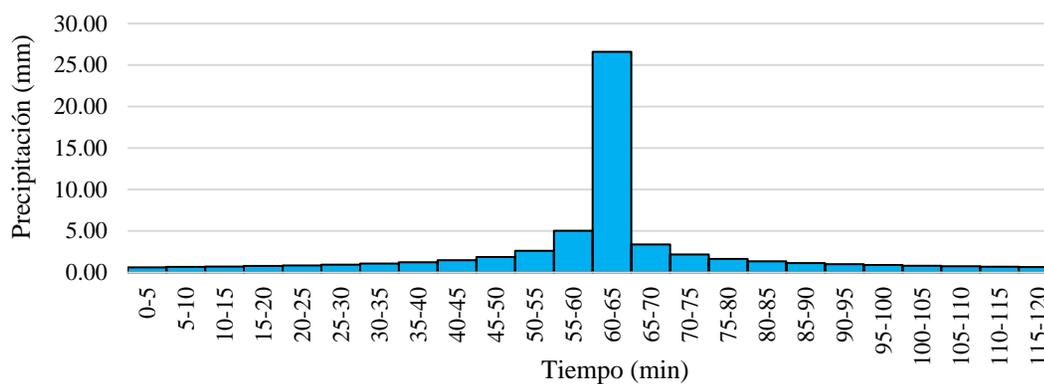
Nota. Elaboración propia.

d. Hietograma de diseño

Para elaborar el hietograma se usaron curvas IDF, y se empleó el método de bloques alternos, para duraciones de tormenta de 24 horas. Según el método Grobe O Dyck y Peschke, se emplearon intervalos de 60 min en periodo de retorno de 25 y 50 años.

Figura 21

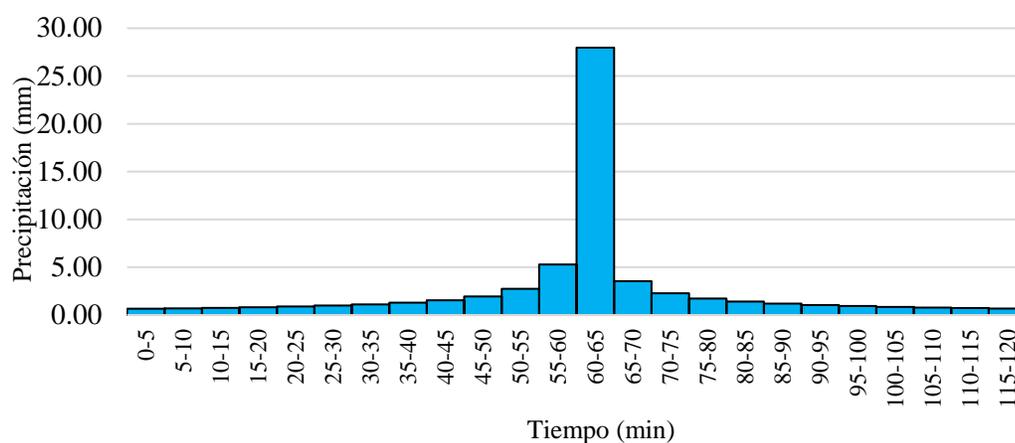
Hietograma de diseño TR=25 método Grobe O Dyck y Peschke



Nota. Elaboración propia

Figura 22

Hietograma de diseño TR=50 método Grobe O Dyck y Peschke



Nota. Elaboración propia.

e. Cálculo de tiempo de concentración

Cada unidad hidrográfica se identifica mediante un código (UH) y se requirió conocer de los valores correspondientes a sus características físicas e hidrológicas para realizar los métodos a calcular intervalos de concentraciones. Estos datos son utilizados para comprender la respuesta hidrológica de cada unidad hidrográfica ante eventos de lluvia, lo cual es esencial para la planificación y diseño de infraestructuras hidráulicas. Los diferentes métodos de cálculo utilizados para estimar la intensidad máxima de lluvia fueron los métodos Kirpich, Chow, SCS Rancer, John Cross, U.S.B.R., Guindotti, Cuerpo Ing. USA, EC. Retardo SCS, Ventura - Heras, Passini, Temes, California Culvert Practice y Bransby Williams. Estos métodos permiten la estimación de intensidad de lluvia acorde al periodo de retorno y la durabilidad de la precipitación.

Tabla 22

Tiempos de concentración 17 UH

Unidades Hidrográficas	Tiempo de concentración (Min)	Tiempo de concentración (Horas)	Tiempo de Retardo (Min)	Número de Curva	Abstracción Inicial
UH 01	17.181	0.286	10.31	55.00	41.56

UH 02	4.965	0.083	2.98	55.00	41.56
UH 03	7.916	0.132	4.75	55.00	41.56
UH 04	59.589	0.993	35.75	57.49	37.57
UH 05	16.666	0.278	10.00	55.00	41.56
UH 06	14.558	0.243	8.73	55.00	41.56
UH 07	12.372	0.206	7.42	55.00	41.56
UH 08	11.610	0.193	6.97	55.00	41.56
UH 09	12.004	0.200	7.20	55.00	41.56
UH 10	6.635	0.111	3.98	55.00	41.56
UH 11	17.717	0.295	10.63	55.00	41.56
UH 12	9.463	0.158	5.68	55.00	41.56
UH 13	5.680	0.095	3.41	55.00	41.56
UH 14	11.580	0.193	6.95	55.00	41.56
UH 15	8.744	0.146	5.25	55.00	41.56
UH 16	4.758	0.079	2.85	55.00	41.56
UH 17	7.423	0.124	4.45	55.00	41.56

Nota. Elaboración propia

Tabla 23*Estadística tiempos de concentración 17 UH*

	N	Rango	Mín.	Máx.	Suma	Media	Desv.	Varianza	Asimetría	Curtosis			
Kirpich	17	54.67	4.74	59.4 1	228.18	13.422	3.048	12.567	157.934	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3
SCS Rancer	17	54.94	4.77	59.7 1	229.31	13.489	3.063	12.629	159.503	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3
U.S.B.R.	17	54.71	4.75	59.4 6	228.36	13.433	3.050	12.577	158.182	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3
California Culvert Practice	17	55.02	4.77	59.7 8	229.59	13.505	3.067	12.645	159.895	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3
Considerado (horas)	17	0.91	0.08	0.99	3.81	0.224	0.051	0.210	0.044	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3
Tiempo de concentració n (Min)	17	54.83	4.76	59.5 9	228.86	13.462	3.057	12.605	158.877	3.384	0.55 0	12.750	1.06 3

Nota. Elaboración propia

6.1.7. Estimación de caudales

Para la elaboración de los caudales de diseño, se usaron las intensidades para una duración menor a 24 horas (mm/h) de Grobe O Dyck y Peschke, además, estos resultados son en base a los diseños hidráulicos que se plantearon para alcantarillas, badenes y cunetas.

Tabla 24

Caudales de diseño para obras de arte

	N°	Progresivas	Hu Adimensional		Hu Triangular		Hu-Clark-Hec-Hms		Hu-Scs-Hec-Hms		Hu-Snyder-Hec-Hms		M. Racional		Caudal de Cunetas
			25 años	50 años	25 años	50 años	25 años	50 años	25 años	50 años	25 años	50 años	25 años	50 años	
Baden	1	0+933.45	3.33	4.24	3.33	4.24	2.5	4.2	3.9	5.3	4.2	5.7	5.27	5.54	0.042
Baden	2	1+878.60	0.24	0.31	0.24	0.31	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.18	0.19	0.014
Baden	3	3+392.31	0.23	0.29	0.23	0.29	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.23	0.24	0.000
Puente	4	-	31.00	38.14	31.00	38.14	23.8	46	54	70.7	52.5	70.5	76.5	80.4 3	0.000
Alcantarilla	5	5+640.74	6.16	7.85	6.16	7.85	4.4	7.3	6.8	9.2	7.4	10	9.58	10.0 7	0.036
Alcantarilla	6	7+210.69	1.52	1.94	1.52	1.94	1	1.7	1.6	2.1	1.7	2.4	2.17	2.29	0.034
Baden	7	7+623.52	0.95	1.21	0.95	1.21	0.6	1	0.9	1.3	1	1.4	1.23	1.29	0.034

Alcantarilla	8	8+099.16	0.94	1.19	0.94	1.19	0.6	0.9	0.9	1.2	1	1.4	1.17	1.23	0.000
Alcantarilla	9	8+463.78	1.33	1.70	1.33	1.70	0.9	1.3	1.3	1.8	1.4	2	1.69	1.78	0.050
Alcantarilla	10	9+645.86	0.71	0.90	0.71	0.90	0.4	0.5	0.5	0.7	0.6	0.8	0.63	0.66	0.000
Baden	11	10+046.63	0.50	0.64	0.50	0.64	0.4	0.6	0.6	0.8	0.6	0.8	0.81	0.86	0.003
Baden	12	12+932.38	0.69	0.88	0.69	0.88	0.4	0.6	0.6	0.8	0.7	0.9	0.76	0.80	0.016
Baden	13	13+475.45	0.25	0.32	0.25	0.32	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2	0.22	0.008
Baden	14	14+025.73	0.72	0.92	0.72	0.92	0.5	0.7	0.7	0.9	0.8	1.1	0.9	0.95	0.084
Baden	15	16+346.02	0.42	0.54	0.42	0.54	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.5	0.44	0.46	0.008
Baden	16	16+866.70	0.21	0.27	0.21	0.27	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.16	0.16	0.025
Baden	17	17+476.89	0.50	0.63	0.50	0.63	0.3	0.4	0.4	0.5	0.4	0.6	0.48	0.50	0.030

Nota. Elaboración propia

La tabla proporciona información sobre diferentes unidades hidrográficas y sus características, así como valores de caudal para diferentes escenarios de diseño. Además, está dividida en diferentes secciones según la ubicación y el tipo de estructura hidráulica, como badenes, puentes y alcantarillas.

Caudal de diseño 25 años

Tabla 25

Análisis de parámetros estadísticos caudal de diseño 25 años

N°	Obras de arte	Progresivas	HU Adimensional	HU Triangular	HU-Clark-Hec-HMS	HU-SCS-Hec-HMS	HU-SNYDER-Hec-HMS	M. Racional
1	Baden	0+933.45	3.37	3.37	2.54	3.94	4.24	5.31
2	Baden	1+878.60	0.26	0.26	0.11	0.21	0.21	0.19
3	Baden	3+392.31	0.23	0.23	0.10	0.20	0.20	0.23
4	Puente	0+000.00	31.00	31.00	23.80	54.00	52.50	76.50
5	Alcantarilla	5+640.74	6.20	6.20	4.44	6.84	7.44	9.62
6	Alcantarilla	7+210.69	1.55	1.55	1.03	1.63	1.73	2.20
7	Baden	7+623.52	0.98	0.98	0.63	0.93	1.03	1.26
8	Alcantarilla	8+099.16	0.94	0.94	0.60	0.90	1.00	1.17
9	Alcantarilla	8+463.78	1.38	1.38	0.95	1.35	1.45	1.74
10	Alcantarilla	9+645.86	0.71	0.71	0.40	0.50	0.60	0.63
11	Baden	10+046.63	0.51	0.51	0.40	0.60	0.60	0.81

12	Baden	12+932.38	0.70	0.70	0.42	0.62	0.72	0.78
13	Baden	13+475.45	0.26	0.26	0.11	0.21	0.21	0.21
14	Baden	14+025.73	0.81	0.81	0.58	0.78	0.88	0.98
15	Baden	16+346.02	0.43	0.43	0.31	0.41	0.41	0.45
16	Baden	16+866.70	0.24	0.24	0.13	0.13	0.13	0.19
17	Baden	17+476.89	0.53	0.53	0.33	0.43	0.43	0.51

Nota. Elaboración propia

Caudal de diseño 50 años

Tabla 26

Análisis de parámetros estadísticos caudal de diseño 50 años

N°	Obras de arte	Progresivas	HU Adimensional	HU Triangular	HU-Clark-Hec-HMS	HU-SCS-Hec-HMS	HU-SNYDER-Hec-HMS	M. Racional
1	Baden	0+933.45	4.28	4.28	4.24	5.34	5.74	5.58
2	Baden	1+878.60	0.32	0.32	0.21	0.21	0.21	0.20
3	Baden	3+392.31	0.29	0.29	0.20	0.30	0.30	0.24
4	Puente	0+000.00	38.14	38.14	46.00	70.70	70.50	80.43
5	Alcantarilla	5+640.74	7.89	7.89	7.34	9.24	10.04	10.11

6	Alcantarilla	7+210.69	1.97	1.97	1.73	2.13	2.43	2.32
7	Baden	7+623.52	1.24	1.24	1.03	1.33	1.43	1.32
8	Alcantarilla	8+099.16	1.19	1.19	0.90	1.20	1.40	1.23
9	Alcantarilla	8+463.78	1.75	1.75	1.35	1.85	2.05	1.83
10	Alcantarilla	9+645.86	0.90	0.90	0.50	0.70	0.80	0.66
11	Baden	10+046.63	0.65	0.65	0.60	0.80	0.80	0.86
12	Baden	12+932.38	0.89	0.89	0.62	0.82	0.92	0.82
13	Baden	13+475.45	0.33	0.33	0.21	0.21	0.31	0.23
14	Baden	14+025.73	1.00	1.00	0.78	0.98	1.18	1.03
15	Baden	16+346.02	0.54	0.54	0.41	0.51	0.51	0.47
16	Baden	16+866.70	0.29	0.29	0.13	0.23	0.23	0.19
17	Baden	17+476.89	0.66	0.66	0.43	0.53	0.63	0.53

Nota. Elaboración propia

Estas tablas contienen información sobre diferentes obras de arte, como badenes, puentes y alcantarillas, junto con sus ubicaciones y valores de coeficientes adimensionales para diferentes métodos de cálculo. Según la MTC 2018 (Manual de Carreteras del Perú), el caudal de diseño se determina utilizando diferentes métodos y considerando factores hidrológicos y geomorfológicos. Los coeficientes adimensionales proporcionados en las tablas son utilizados en estos métodos para calcular los hidrogramas de escurrimiento directo y, finalmente, el caudal de diseño. En general, se observa que los valores en factores adimensionales aumentan como el ejemplo del caudal de diseño de 50 años en comparación con el de 25 años. Esto se debe a la mayor magnitud del evento considerado en el período de retorno más largo.

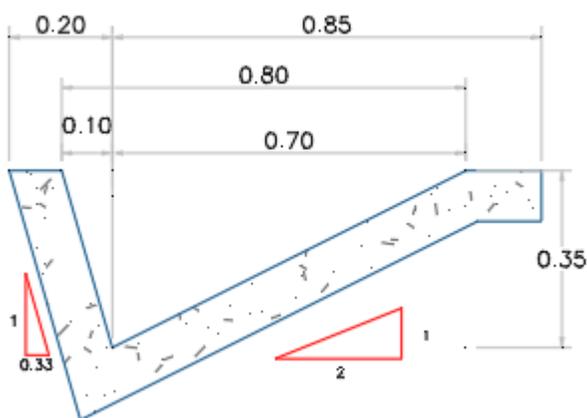
6.1.8. Diseño de cunetas

El diseño de la cuneta presenta sección trapezoidal ya que suele emplearse más en el Perú por la eficiencia que genera la misma. En la figura 23 se observa las propiedades geométricas comunes a tomar en consideración, mientras en la figura 24 se observa su sección típica.

La geometría para la cuneta trapezoidal se seleccionó en mayorías en casos debido a eficacia para transportar grandes volúmenes de agua de manera eficiente y económica. La forma trapezoidal permite una mayor capacidad de flujo que otras formas de cuneta, lo que significa que puede manejar mayores caudales de agua sin desbordarse.

Figura 23

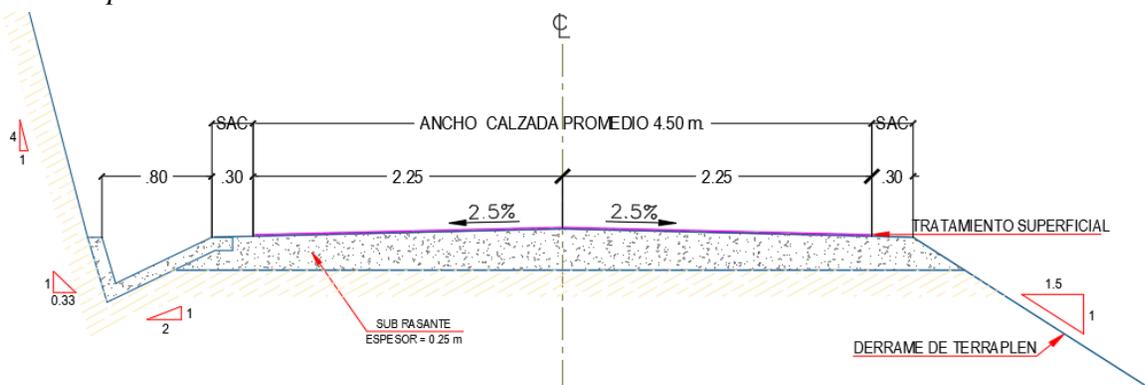
Geometría de cuneta



Nota. Elaboración propia

Figura 24

Sección típica de cunetas



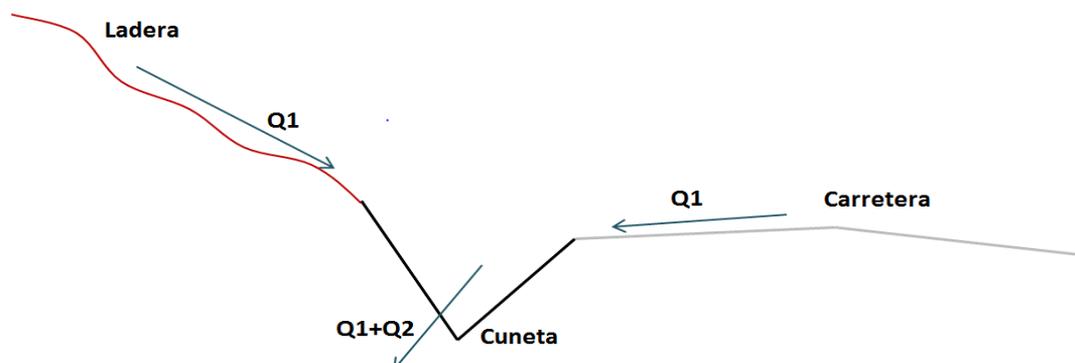
Nota. Elaboración propia.

- **Cálculo del tirante máximo en función del caudal de máxima avenida**

Dada la escasez de datos hidrometeorológicos en ciertas áreas que respalden el diseño hidráulico de las estructuras planificadas, se consideró por obtener información meteorológica de la zona más cercana al proyecto. Se utilizaron datos proporcionados por el SENAMHI y la E.M. de Cutervo para determinar las características climáticas. Estos datos se sometieron a métodos estadísticos hidrológicos para la obtención de caudales máximos en escorrentía. Con el caudal calculado empleó el método de Manning, se obtuvo nuevas alturas de agua, la cual será mayor que las marcas dejadas por el agua en una inundación máxima. Esta nueva altura de agua se utilizará para proyectar la estructura de drenaje necesaria.

Figura 25

Caudal superficial que transporta la cuneta



Nota. Elaboración propia.

Q1 = Caudal que aporta la ladera

Q2 = Caudal que aporta la Via (Bombeo Lateral)

QC = Caudal de la Cuneta

QC = Q1 + Q2

Tabla 27*Diseño cunetas trapezoidal*

N°	Longitud		Longitud de entrega (m)	Longitud total de cunetas (m)	Longitud total + entregas (m)	Área Trib. (Ha)	Intensidad de lluvia (mm/h)	Intensidad de lluvia en talud (mm/h)	Ancho considerado		Coef. De escorrentía	
	D (m)	I (m)							En carretera B1 (m)	En talud B2 (m)	En carretera C1	En talud C2
1	71.06		5.00	71.06	76.06	0.00030	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
2		24.21	5.00	24.21	29.21	0.00012	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
3	167.66		5.00	167.66	172.66	0.00069	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
4		130.59	5.00	130.59	135.59	0.00054	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
5	43.45		0.00	43.45	43.45	0.00017	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
6		331.72	0.00	331.72	331.72	0.00133	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
7	51.42		5.00	51.42	56.42	0.00023	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
8		87.30	5.00	87.30	92.30	0.00037	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
9	49.33		5.00	49.33	54.33	0.00022	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
10		9.44	5.00	9.44	14.44	0.00006	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
11	101.55		5.00	101.55	106.55	0.00043	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
12	73.70		0.00	73.70	73.70	0.00029	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
13		52.61	0.00	52.61	52.61	0.00021	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425

14	53.81	5.00	53.81	58.81	0.00024	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
15	147.14	5.00	147.14	152.14	0.00061	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
16	103.85	5.00	103.85	108.85	0.00044	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
17	41.70	5.00	41.70	46.70	0.00019	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
18	86.43	5.00	86.43	91.43	0.00037	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
19	23.43	5.00	23.43	28.43	0.00011	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
20	59.36	5.00	59.36	64.36	0.00026	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
21	150.84	0.00	150.84	150.84	0.00060	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
22	169.25	0.00	169.25	169.25	0.00068	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
23	131.00	0.00	131.00	131.00	0.00052	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
24	169.15	0.00	169.15	169.15	0.00068	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
25	29.15	0.00	29.15	29.15	0.00012	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
26	276.67	0.00	276.67	276.67	0.00111	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
27	88.95	0.00	88.95	88.95	0.00036	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
28	357.69	0.00	357.69	357.69	0.00143	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
29	29.32	0.00	29.32	29.32	0.00012	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
30	52.99	0.00	52.99	52.99	0.00021	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
31	87.06	0.00	87.06	87.06	0.00035	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
32	38.40	0.00	38.40	38.40	0.00015	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
33	33.10	0.00	33.10	33.10	0.00013	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
34	213.74	0.00	213.74	213.74	0.00085	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
35	528.67	0.00	528.67	528.67	0.00211	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425

36	54.76		5.00	54.76	59.76	0.00024	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
37		96.81	5.00	96.81	101.81	0.00041	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
38	185.75		5.00	185.75	190.75	0.00076	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
39		149.44	5.00	149.44	154.44	0.00062	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
40	228.68		5.00	228.68	233.68	0.00093	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
41		87.06	5.00	87.06	92.06	0.00037	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
42	48.62		0.00	48.62	48.62	0.00019	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
43		23.98	0.00	23.98	23.98	0.00010	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
44	32.46		5.00	32.46	37.46	0.00015	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
45		57.47	5.00	57.47	62.47	0.00025	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
46	225.15		0.00	225.15	225.15	0.00090	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
47	224.63		0.00	224.63	224.63	0.00090	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
48		41.78	0.00	41.78	41.78	0.00017	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425
49	81.59		5.00	81.59	86.59	0.00035	60.94	44.96	4.00	10	0.88	0.425

Nota. Elaboración propia

Tabla 28*Caudal y puntos de descarga cunetas*

N°	Caudal calculado		Caudal hidrológico	Puntos de descarga
	En carretera Q1 (m³/s)	En talud Q2 (m³/s)	máx. Q (m³/s)	
1	0.0045	0.0040	0.009	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
2	0.0014	0.0016	0.003	
3	0.0100	0.0092	0.019	Bad. Recolecta agua de cunetas + pase de quebrada seca
4	0.0078	0.0072	0.015	
5	0.0026	0.0023	0.005	UH. 01 Bad. Recolecta agua de cuneta
6	0.0198	0.0176	0.037	
7	0.0031	0.0030	0.006	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
8	0.0052	0.0049	0.010	
9	0.0029	0.0029	0.006	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
10	0.0006	0.0008	0.001	
11	0.0061	0.0057	0.012	Alc. TMC. 36" recolecta agua de cunetas + pase de quebrada seca
12	0.0044	0.0039	0.008	UH. 02 Bad. Recolecta agua de cuneta
13	0.0031	0.0028	0.006	
14	0.0032	0.0031	0.006	Alc. TMC. 36" recolecta agua de cunetas + pase de quebrada seca
15	0.0088	0.0081	0.017	Alc. TMC. 36" recolecta agua de cunetas + pase de quebrada seca

16	0.0062	0.0058	0.012	
17	0.0025	0.0025	0.005	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
18	0.0052	0.0049	0.010	
19	0.0014	0.0015	0.003	Bad. Recolecta agua de cunetas
20	0.0035	0.0034	0.007	Bad. Recolecta agua de cunetas
21	0.0090	0.0080	0.017	UH. 05 Alc. TMC 60' recolecta agua de
22	0.0101	0.0090	0.019	cunetas
23	0.0078	0.0070	0.015	UH. 06 Alc. TMC 60' recolecta agua de
24	0.0101	0.0090	0.019	cunetas
25	0.0017	0.0015	0.003	
26	0.0165	0.0147	0.031	UH. 07 Bad. Recolecta agua de cunetas
27	0.0053	0.0047	0.010	UH. 09 Alc. TMC 60' recolecta agua de
28	0.0213	0.0190	0.040	cunetas
29	0.0017	0.0016	0.003	UH. 11 Bad. Recolecta agua de cunetas
30	0.0032	0.0028	0.006	
31	0.0052	0.0046	0.010	UH. 12 Bad. Recolecta agua de cunetas
32	0.0023	0.0020	0.004	
33	0.0020	0.0018	0.004	UH. 13 Bad. Recolecta agua de cunetas
34	0.0127	0.0113	0.024	
35	0.0315	0.0281	0.060	UH. 14 Bad. Mas recolector de cunetas
36	0.0033	0.0032	0.006	Bad. recolecta agua de cunetas + pase de
37	0.0058	0.0054	0.011	quebrada seca

38	0.0111	0.0101	0.021	
39	0.0089	0.0082	0.017	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
40	0.0136	0.0124	0.026	
41	0.0052	0.0049	0.010	Alc. Alivio recolecta agua de cunetas
42	0.0029	0.0026	0.005	
43	0.0014	0.0013	0.003	UH. 15 Bad. Recolecta agua de cunetas
44	0.0019	0.0020	0.004	Bad. recolecta agua de cunetas + pase de
45	0.0034	0.0033	0.007	quebrada seca
46	0.0134	0.0120	0.025	UH. 16 Bad. Recolecta agua de cunetas
47	0.0134	0.0119	0.025	
48	0.0025	0.0022	0.005	UH. 17 Bad. Recolecta agua de cunetas
49	0.0049	0.0046	0.009	Alc. Alivio recolecta de cunetas + pase de
				quebrada seca

Nota. Elaboración propia

Tabla 29*Características de diseño de cunetas trapezoidal*

N°	Tirante Y (m)	Base menor b (m)	Área A (m ²)	Perímetro P (m)	Radio Hidráulico RH (m)	Pendiente S	Rugosidad 'n'	Caudal hidráulico (m ³ /s)	Caudal hidrológico máx. (m ³ /s)	Verificación
1	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.015	0.014	0.480	0.009	OK
2	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.003	OK
3	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.019	OK
4	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.015	OK
5	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.005	OK
6	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.037	OK
7	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
8	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.010	OK
9	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
10	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.001	OK
11	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.012	OK
12	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.008	OK
13	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
14	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
15	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.017	OK
16	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.012	OK
17	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.005	OK

18	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.010	OK
19	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.003	OK
20	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.007	OK
21	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.017	OK
22	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.019	OK
23	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.015	OK
24	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.019	OK
25	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.003	OK
26	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.031	OK
27	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.010	OK
28	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.040	OK
29	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.003	OK
30	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
31	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.010	OK
32	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.004	OK
33	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.004	OK
34	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.024	OK
35	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.060	OK
36	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.006	OK
37	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.011	OK
38	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.021	OK
39	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.017	OK

40	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.026	OK
41	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.010	OK
42	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.005	OK
43	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.003	OK
44	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.004	OK
45	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.007	OK
46	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.025	OK
47	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.025	OK
48	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.005	OK
49	0.250	0.350	0.200	1.391	0.144	0.016	0.014	0.495	0.009	OK

Nota. Elaboración propia

Se presenta para la tabla los datos de un canal con diferentes valores para el tirante (Tirante Y), la base menor (Base menor b), el área (Área A), el perímetro (Perímetro P), el radio hidráulico (Radio Hidráulico RH), la pendiente (Pendiente S), la rugosidad (Rugosidad 'n'), el caudal hidráulico (Caudal hidráulico), el caudal hidrológico máximo (Caudal hidrológico máx.), y la verificación del cálculo (Verificación).

Los valores de los diferentes parámetros varían en cada fila de la tabla, mientras que la columna "Verificación" indica si los cálculos realizados son correctos (OK) o no.

6.1.9. Diseño de badenes

A propósito del establecimiento en dimensión de elementos de los badenes se utilizó el caudal de diseño, a la vez se toma en cuenta de los aspectos topográficos y/o geométricos para seleccionar el tamaño del badén de tipo trapezoidal. Además, la comprobación de resultados se realizó con el software hidrológico H canales (Ver anexo 6), donde los principales resultados fueron:

Tabla 30

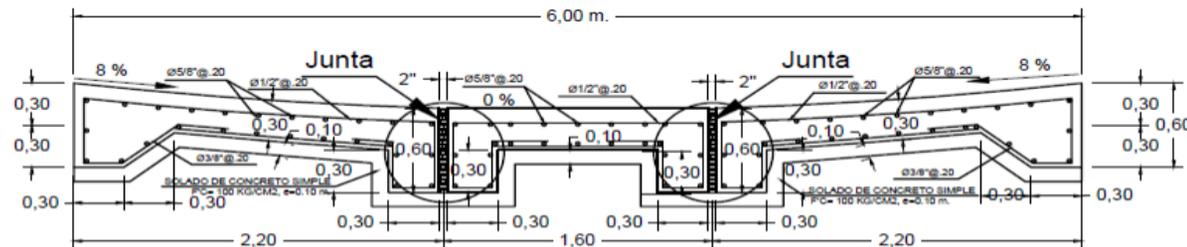
Principales resultados análisis de badenes

	Tirante normal (y) m.	Área hidráulica (A) m²	Espejo de agua (T) m.	Número de Froude (F)	Tipo de flujo	Perímetro (p) m.	Radio Hidráulico (R) m.	Velocidad (v) m/s.	Energía específica (E) m*Kg/Kg
Baden 1	0.3	1.4254	8.5012	1.4551	Supercrítico	8.5251	0.1672	1.8661	0.4775
Baden 2	0.2998	1.3632	8.2945	1.4501	Supercrítico	8.3184	0.1639	1.8413	0.4726
Baden 3	0.2998	1.4237	8.4962	1.26	Supercrítico	8.5202	0.1671	1.6155	0.4329
Baden 7	0.2902	1.2417	7.906	1.2588	Supercrítico	7.9292	0.1566	1.5624	0.4147
Baden 11	0.2902	1.2417	7.906	1.2588	Supercrítico	7.9292	0.1566	1.5624	0.4147
Baden 12	0.3002	1.4265	8.5043	1.3881	Supercrítico	8.5283	0.1673	1.7806	0.4618
Baden 13	0.2997	1.3177	8.1429	1.1203	Supercrítico	8.1668	0.1613	1.4116	0.4013
Baden 14	0.3002	1.3213	8.1539	1.4467	Supercrítico	8.1779	0.1616	1.824	0.4697
Baden 15	0.2999	1.319	8.1471	1.2693	Supercrítico	8.171	0.1614	1.5996	0.4303
Baden 16	0.3002	1.3213	8.1539	1.4467	Supercrítico	8.1779	0.1616	1.824	0.4697
Baden 17	0.2997	1.3179	8.1436	1.2526	Supercrítico	8.1675	0.1614	1.5783	0.4267

El diseño estructural de los badenes de $L=4.00\text{m}$, 6.00m , 8.00m y 10.00m constan de varias características, según el cálculo de cargas y presión hidráulica (Ver Anexo 10). La piedra de emboquillado de ingreso está asentada sobre concreto $F'c=140\text{ Kg/cm}^2$ y la losa de concreto armado tiene resistencia de $F'c= 210\text{ Kg/cm}^2$. Además, se ha utilizado un colchón de salida o piedra emboquillada y un solado en concreto simple $F'C= 100\text{ Kg/cm}^2$ de espesor de 0.10 metros. Para la unión de los diferentes elementos se han utilizado juntas de $2''$. Todo esto ha sido considerado en el diseño estructural para garantizar la resistencia y durabilidad de los badenes.

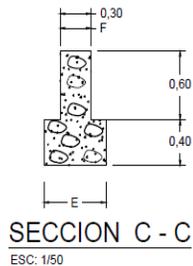
Figura 26

Sección de badenes 6.00m



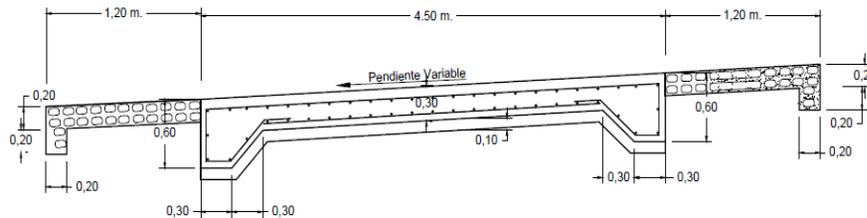
SECCION A - A

ESC: 1/50



SECCION C - C

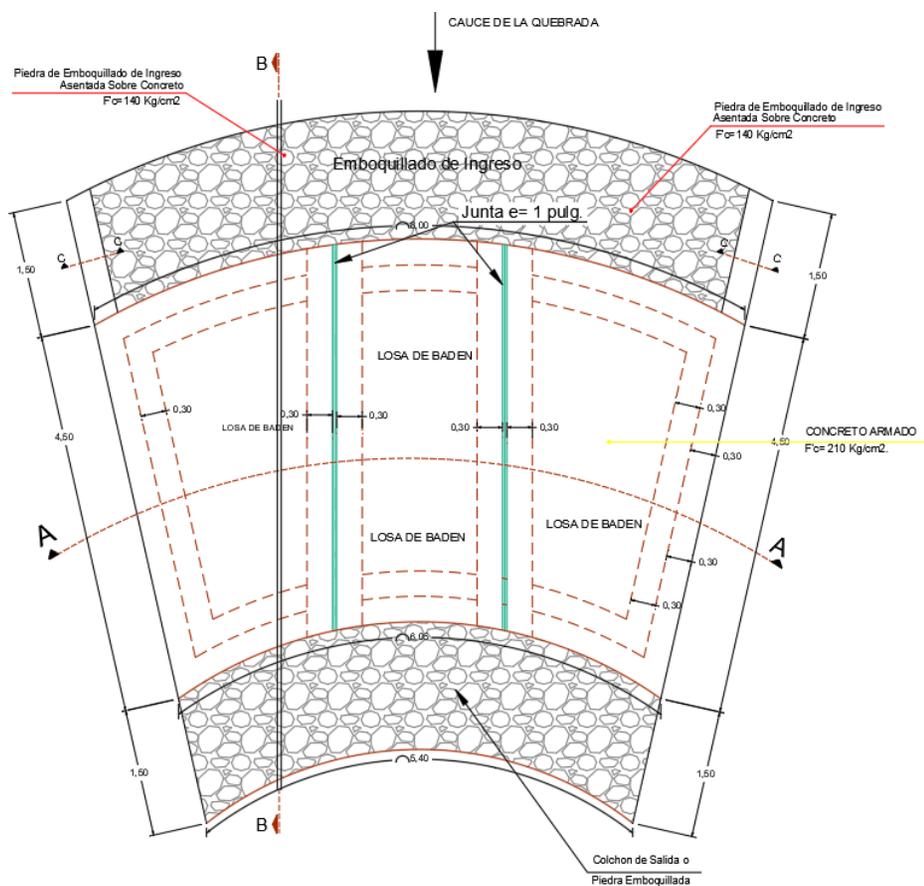
ESC: 1/50



SECCION B - B

ESC: 1/50

Nota. Elaboración propia.

Figura 27*Geometría badenes*

Nota. Elaboración propia.

Tabla 31*Resumen diseño de badenes*

Obras Nº de arte	de	Progresiva	Caudal (m ³ /s)	n	B	Z	Long. Total	Pendiente Transversal (m/m)
1	Baden	00+933	0.993	0.023	3.000	12.500	10.000	0.020
2	Baden	01+879	0.993	0.023	2.000	12.500	8.000	0.020
3	Baden	03+392	0.993	0.023	2.000	12.500	8.000	0.020

7	Baden	07+624	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
11	Baden	10+047	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
12	Baden	12+932	0.993	0.023	2.000	12.500	8.000	0.020
13	Baden	13+475	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
14	Baden	14+026	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
15	Baden	16+346	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
16	Baden	16+867	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020
17	Baden	17+477	0.993	0.023	1.600	12.500	6.000	0.020

Nota. Elaboración propia

En el diseño de los badenes presentados en la Tabla 30, se utilizó un valor constante de rugosidad (n) y pendiente (S) para cualquier caso. El coeficiente de rugosidad (n) empleada en Manning se utiliza para representar la rugosidad del canal y puede variar según el tipo de material de la superficie del canal. Seleccionar un valor constante de rugosidad puede simplificar el diseño y el cálculo hidráulico, especialmente si se considera que los badenes suelen tener una geometría y una superficie relativamente uniformes. En cuanto a la pendiente (S), se utilizó un valor constante debido a limitaciones prácticas o a la simplicidad del diseño. Debido a que cada ubicación tiene una topografía diferenciada, se empleó promedios o aproximaciones en el diseño para simplificar los cálculos y asegurar que los badenes cumplan con los requisitos mínimos de drenaje.

Tabla 32*Características hidráulicas de badenes*

	Flecha	Pendiente	Pendiente	Área	Perímetro	Tirante	Radio	Borde	V	Q	Espejo	N°	Q	Tipo flujo
	H	longitudinal	Transversal				Hid.	L.		hidráulico	agua	Froude	hidrológico	
	m	%	%	(m²)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m³/s)	(m)		(m³/s)	
1	0.360	0.080	0.020	1.425	8.524	0.300	0.167	0.215	1.866	2.659	7.500	1.367	0.993	Supercrítico
2	0.288	0.080	0.020	1.365	8.324	0.300	0.164	0.215	1.842	2.515	6.000	1.233	0.993	Supercrítico
3	0.280	0.080	0.020	1.425	8.524	0.300	0.167	0.215	1.616	2.303	7.500	1.184	0.993	Supercrítico
7	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.299	1.467	1.937	4.875	0.900	0.993	Supercrítico
11	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.299	1.691	2.232	4.875	1.038	0.993	Supercrítico
12	0.280	0.080	0.020	1.425	8.524	0.300	0.167	0.143	1.780	2.537	7.500	1.304	0.993	Supercrítico
13	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.297	1.412	1.864	4.875	0.867	0.993	Supercrítico
14	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.279	1.823	2.407	4.875	1.119	0.993	Supercrítico
15	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.305	1.600	2.112	4.875	0.982	0.993	Supercrítico
16	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.253	1.823	2.407	4.875	1.119	0.993	Supercrítico
17	0.214	0.080	0.020	1.320	8.174	0.300	0.161	0.301	1.579	2.084	4.875	0.969	0.993	Supercrítico

Nota. Elaboración propia

Los badenes tienen diferentes valores de flecha H, que resulta ser distancias verticales entre cresta del badén y fondo en el cauce, lo que afecta velocidades y profundidades en el flujo. En el caso específico presentado, los valores de caudal hidráulico utilizados corresponden a un flujo supercrítico. El caudal hidrológico, por otro lado, se refiere al caudal de agua en una cuenca hidrográfica o en un punto de medición aguas arriba de la sección en cuestión. Al considerar ello, se toma en consideración el valor del Q hidrológico para el diseño de los badenes.

6.1.10. Diseño de alcantarillas

Se utilizó la siguiente fórmula al calcular el diámetro de alcantarilla:

$$\phi = \left(\frac{Q}{0.412 * \sqrt{g}} \right)^{\frac{2}{5}}$$

Tabla 33

Diámetro de alcantarillas

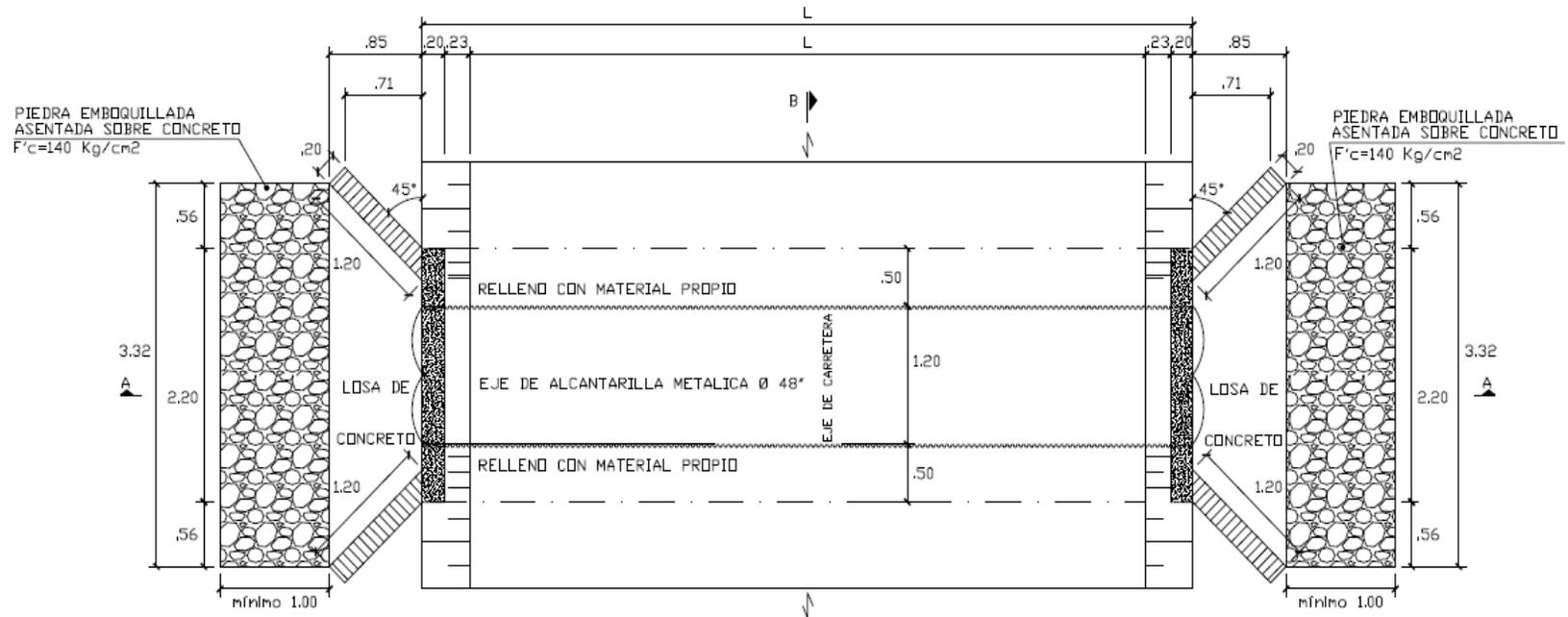
Ubicación	Estructura a Proyectar	Caudal de Diseño (m3/s)	Cantidad de Ojos	Diámetro (m)	Diámetro (plg)	Diámetro Comercial (plg)	Verificación
1 1+701.92	Alcantarilla TMC 48"	1.629	1.00	1.10	44.00	48.00	OK
2 2+781.89	Alcantarilla TMC 48"	1.629	1.00	1.10	44.00	48.00	OK
3 2+953.40	Alcantarilla TMC 48"	1.629	1.00	1.10	44.00	48.00	OK
4 5+640.74	Alcantarilla TMC 60"	3.344	1.00	1.46	58.00	60.00	OK
5 7+210.69	Alcantarilla TMC 60"	3.344	1.00	1.46	58.00	60.00	OK
6 2+297.00	Alcantarilla TMC 60"	3.344	1.00	1.46	58.00	60.00	OK
7 8+099.16	Alcantarilla TMC 60"	3.344	1.00	1.46	58.00	60.00	OK
8 8+463.78	Alcantarilla TMC 60"	3.344	1.00	1.46	58.00	60.00	OK

Nota. Elaboración propia

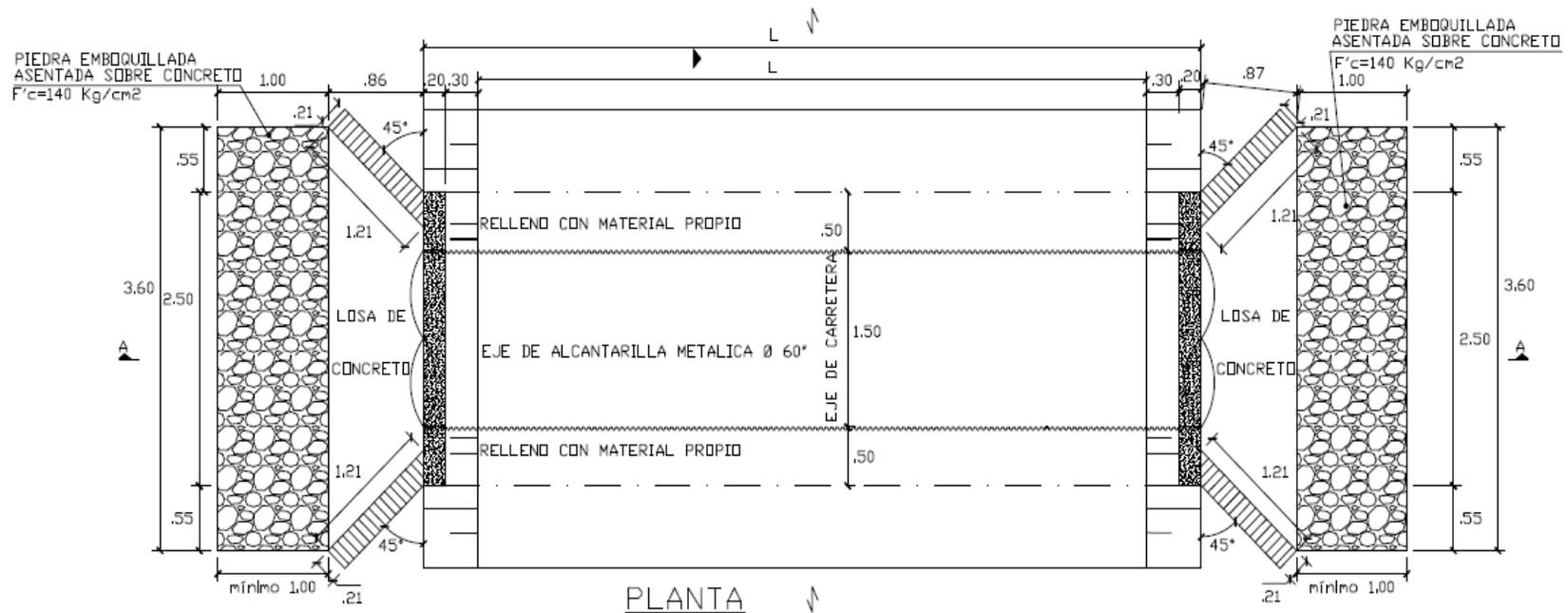
Según la topografía y análisis presentado anterior se realizaron el diseño de 8 alcantarillas en total, con los diámetros de 48” y 60”, y sus características son presentadas a continuación:

Figura 28

Diseño alcantarilla de 48”



Nota. El diseño de la alcantarilla contempla un relleno con material propio.

Figura 29*Diseño alcantarilla de 60''*

Nota. El diseño de la alcantarilla contempla un relleno con material propio.

Un solo diámetro de conducto se selecciona para garantizar que las alcantarillas puedan manejar el caudal máximo esperado sin generar problemas de flujo, como inundaciones o desbordamientos. Al dimensionar la alcantarilla con un diámetro específico, se tiene en cuenta el caudal hidráulico previsto y se asegura que el conducto pueda transportar el agua de manera eficiente. Por otro lado, utilizar un solo diámetro de conducto simplifica el diseño y la construcción de la alcantarilla, lo que puede reducir los costos y el tiempo de ejecución. Además, al estandarizar el diámetro, se facilita la fabricación y la disponibilidad de los materiales necesarios, lo que contribuye a una mayor eficiencia en el proceso de construcción.

Las alcantarillas de mayor diámetro, como las de 60", generalmente tienen una mayor capacidad de conducción de agua en comparación con las alcantarillas de 48". Debido a esta mayor capacidad, es fundamental analizar y asegurar que la velocidad de salida y la velocidad del agua de cola en las alcantarillas de 60" cumplan con los criterios de diseño establecidos para garantizar un flujo adecuado y evitar problemas de inundaciones o acumulación de agua.

Tabla 34

Resumen datos estructurales alcantarilla 4,5,6,7 y 8

Parámetros	Valor	Und.
Forma	Circular	
Material	Concreto	
Diámetro	1500.000	mm
Profundidad de empotramiento	0.000	mm
Rugosidad	0.030	
Tipo de alcantarilla	Un solo alineamiento	
Tipo de entrada	Borde biselado	

Nota. Elaboración propia

Tabla 35

Parámetros alcantarilla 4 (TMC 60")

Parámetros	Valor	Und.
Condiciones hidráulicas		
Caudal mínimo	0.000	m ³ /seg.
Caudal diseño	3.072	m ³ /seg.
Caudal máximo	3.344	m ³ /seg.
Condiciones del canal de salida		
Tipo de sección	Trapezoidal	
Ancho de solera	2.200	m
Talud	0.075	:1
Pendiente	0.015	m/m

Rugosidad	0.025	
Cota de fondo de la alcantarilla	1341.949	m
Datos de la carretera		
Progresiva del Inicio del talud del camino	0.000	m
Ancho de la carretera	4.000	m
Cota del nivel de rodadura	1343.783	m
Tipo de pavimento	Afirmado	
Ancho superior	3.600	m

Nota. Elaboración propia

Estos parámetros son importantes para el diseño y cálculo hidráulico de la alcantarilla, así como para la consideración de las condiciones del canal de salida y la carretera adyacente. La información proporcionada en la tabla permite establecer las características y dimensiones que sean útiles para la correcta función y capacidad en alcantarilla en el contexto del proyecto en cuestión.

Diseño alcantarilla #4 (60")

Tabla 36

Resumen alcantarilla 4 TMC 60"

Des. total (cm)	Des. de la alcantarilla (cm)	Elev. de cabecera (m)	Prof. de control entrada (m)	Prof. de control salida (m)	Tipo de flujo	Prof. normal (m)	Prof. crítica (m)	Prof. de salida (m)	Prof. de agua de cola (m)	Salida Vel. (m/s)	Vel. de agua de cola (m/s)
0.00	0.00	1341.98	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1342.40	0.39	0.42	2-M ² c	0.37	0.29	0.29	0.17	1.41	1.12
0.67	0.67	1342.58	0.56	0.60	2-M ² c	0.52	0.41	0.41	0.26	1.70	1.42
1.00	1.00	1342.72	0.69	0.74	2-M ² c	0.65	0.51	0.51	0.33	1.91	1.62
1.34	1.34	1342.85	0.82	0.86	2-M ² c	0.77	0.59	0.59	0.39	2.08	1.78
1.67	1.67	1342.96	0.93	0.98	2-M ² c	0.88	0.66	0.66	0.44	2.23	1.91
2.01	2.01	1343.06	1.04	1.08	2-M ² c	1.00	0.73	0.73	0.50	2.36	2.01
2.34	2.34	1343.16	1.14	1.18	2-M ² c	1.13	0.79	0.79	0.54	2.48	2.11
2.68	2.68	1343.26	1.23	1.28	2-M ² c	1.30	0.85	0.85	0.59	2.60	2.19
3.07	3.07	1343.37	1.34	1.39	2-M ² c	1.50	0.91	0.91	0.64	2.74	2.28
3.34	3.34	1343.45	1.41	1.46	2-M ² c	1.50	0.95	0.95	0.67	2.83	2.33

Nota. Elaboración propia

Diseño alcantarilla #5 (60")**Tabla 37***Resumen alcantarilla 5 TMC 60"*

Des. total (cm)	Des. de la alcantarilla (cm)	Elev. de cabecera (m)	Prof. de control entrada (m)	Prof. de control salida (m)	Tipo de flujo	Prof. normal (m)	Prof. crítica (m)	Prof. de salida (m)	Prof. de agua de cola (m)	Salida Vel. (m/s)	Vel. de agua de cola (m/s)
0.00	0.00	1454.46	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1454.88	0.39	0.42	2-M ² c	0.35	0.29	0.29	0.12	1.41	1.14
0.67	0.67	1455.05	0.56	0.59	2-M ² c	0.50	0.41	0.41	0.19	1.70	1.46
1.00	1.00	1455.20	0.69	0.74	2-M ² c	0.62	0.51	0.51	0.23	1.91	1.67
1.34	1.34	1455.32	0.81	0.86	2-M ² c	0.73	0.59	0.59	0.28	2.08	1.84
1.67	1.67	1455.43	0.93	0.97	2-M ² c	0.83	0.66	0.66	0.32	2.23	1.98
2.01	2.01	1455.54	1.04	1.08	2-M ² c	0.94	0.73	0.73	0.35	2.36	2.10
2.34	2.34	1455.64	1.14	1.18	2-M ² c	1.04	0.79	0.79	0.38	2.48	2.20
2.68	2.68	1455.73	1.23	1.27	2-M ² c	1.17	0.85	0.85	0.41	2.60	2.30
3.07	3.07	1455.84	1.34	1.38	2-M ² c	1.50	0.91	0.91	0.45	2.74	2.39
3.34	3.34	1455.92	1.41	1.46	2-M ² c	1.50	0.95	0.95	0.47	2.83	2.46

Nota. Elaboración propia

Diseño alcantarilla #6 (60")**Tabla 38***Resumen alcantarilla 6 TMC 60"*

Des. total (cm)	Des. de la alcantarilla (cm)	Elev. de cabecera (m)	Prof. de control entrada (m)	Prof. de control salida (m)	Tipo de flujo	Prof. normal (m)	Prof. crítica (m)	Prof. de salida (m)	Prof. de agua de cola (m)	Salida Vel. (m/s)	Vel. de agua de cola (m/s)
0.00	0.00	1539.02	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1539.45	0.39	0.42	2-M ² c	0.39	0.29	0.29	0.11	1.41	1.34
0.67	0.67	1539.63	0.56	0.60	2-M ² c	0.57	0.41	0.41	0.17	1.70	1.73
1.00	1.00	1539.77	0.69	0.74	2-M ² c	0.71	0.51	0.51	0.21	1.91	2.00
1.34	1.34	1539.89	0.82	0.87	2-M ² c	0.84	0.59	0.59	0.25	2.08	2.21
1.67	1.67	1540.01	0.94	0.98	2-M ² c	0.98	0.66	0.66	0.29	2.23	2.39
2.01	2.01	1540.11	1.04	1.09	2-M ² c	1.12	0.73	0.73	0.32	2.36	2.54
2.34	2.34	1540.21	1.14	1.19	2-M ² c	1.50	0.79	0.79	0.35	2.48	2.67
2.68	2.68	1540.31	1.23	1.28	2-M ² c	1.50	0.85	0.85	0.38	2.60	2.79
3.07	3.07	1540.42	1.34	1.39	2-M ² c	1.50	0.91	0.91	0.42	2.74	2.92
3.34	3.34	1540.49	1.41	1.47	2-M ² c	1.50	0.95	0.95	0.44	2.83	3.00

Nota. Elaboración propia

Diseño alcantarilla #7 (60")

Tabla 39

Resumen alcantarilla 7 TMC 60"

Des. total (cms)	Des. de la alcantarilla (cms)	Elev. de cabecera (m)	Prof. de control entrada (m)	Prof. de control salida (m)	Tipo de flujo	Prof. normal (m)	Prof. crítica (m)	Prof. de salida (m)	Prof. de agua de cola (m)	Salida Vel. (m/s)	Vel. de agua de cola (m/s)
0.00	0.00	1535.52	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1535.94	0.39	0.41	2-M ² c	0.34	0.29	0.29	0.12	1.41	1.13
0.67	0.67	1536.11	0.55	0.59	2-M ² c	0.48	0.41	0.41	0.19	1.70	1.45
1.00	1.00	1536.26	0.69	0.73	2-M ² c	0.60	0.51	0.51	0.24	1.91	1.66
1.34	1.34	1536.38	0.81	0.86	2-M ² c	0.71	0.59	0.59	0.28	2.08	1.83
1.67	1.67	1536.49	0.93	0.97	2-M ² c	0.81	0.66	0.66	0.32	2.23	1.97
2.01	2.01	1536.60	1.04	1.07	2-M ² c	0.91	0.73	0.73	0.35	2.36	2.08
2.34	2.34	1536.70	1.14	1.17	2-M ² c	1.01	0.79	0.79	0.39	2.48	2.19
2.68	2.68	1536.79	1.23	1.27	2-M ² c	1.12	0.85	0.85	0.42	2.60	2.28
3.07	3.07	1536.90	1.33	1.38	2-M ² c	1.29	0.91	0.91	0.45	2.74	2.38
3.34	3.34	1536.98	1.41	1.46	2-M ² c	1.50	0.95	0.95	0.47	2.83	2.44

Nota. Elaboración propia

Diseño alcantarilla #8 (60")**Tabla 40***Resumen alcantarilla 8 TMC 60"*

Des. total (cms)	Des. de la alcantarilla (cms)	Elev. de cabecera (m)	Prof. de control entrada (m)	Prof. de control salida (m)	Tipo de flujo	Prof. normal (m)	Prof. crítica (m)	Prof. de salida (m)	Prof. de agua de cola (m)	Salida Vel. (m/s)	Vel. de agua de cola (m/s)
0.00	0.00	1646.92	0.00	0.0	0-NF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.33	0.33	1647.34	0.39	0.42	2-M ² c	0.37	0.29	0.29	0.11	1.41	1.37
0.67	0.67	1647.52	0.56	0.60	2-M ² c	0.53	0.41	0.41	0.16	1.70	1.77
1.00	1.00	1647.66	0.69	0.74	2-M ² c	0.66	0.51	0.51	0.20	1.91	2.04
1.34	1.34	1647.79	0.82	0.86	2-M ² c	0.78	0.59	0.59	0.24	2.08	2.26
1.67	1.67	1647.90	0.94	0.98	2-M ² c	0.90	0.66	0.66	0.28	2.23	2.44
2.01	2.01	1648.01	1.04	1.08	2-M ² c	1.02	0.73	0.73	0.31	2.36	2.59
2.34	2.34	1648.11	1.14	1.18	2-M ² c	1.16	0.79	0.79	0.34	2.48	2.72
2.68	2.68	1648.20	1.23	1.28	2-M ² c	1.50	0.85	0.85	0.37	2.60	2.85
3.07	3.07	1648.31	1.34	1.39	2-M ² c	1.50	0.91	0.91	0.40	2.74	2.98
3.34	3.34	1648.39	1.41	1.46	2-M ² c	1.50	0.95	0.95	0.42	2.83	3.06

Nota. Elaboración propia

En base a los resultados presentados en el resumen de las alcantarillas número 4, 5, 6, 7 y 8 de 60" de diámetro, se pueden observar que se han tenido en cuenta varios aspectos importantes para garantizar su correcto funcionamiento hidráulico. Se han considerado el desnivel total, el desnivel de la alcantarilla, la elevación de la cabecera, así como las profundidades de control de entrada y salida. Estos parámetros son fundamentales para determinar el tipo de flujo y calcular las profundidades normales y críticas. Además, se han evaluado las velocidades de salida y del agua de cola, permitiendo tener una idea clara del comportamiento del flujo en la estructura.

Es relevante destacar que, en este caso, el control de las alcantarillas se realiza en la entrada, lo que implica que se deben tomar medidas para asegurar que el caudal y las velocidades se mantengan dentro de los límites aceptables desde el punto de ingreso hasta la salida. Es por eso por lo que se ha considerado la opción de aplicar un revestimiento de concreto para garantizar la resistencia y estabilidad de la alcantarilla frente a las velocidades mencionadas.

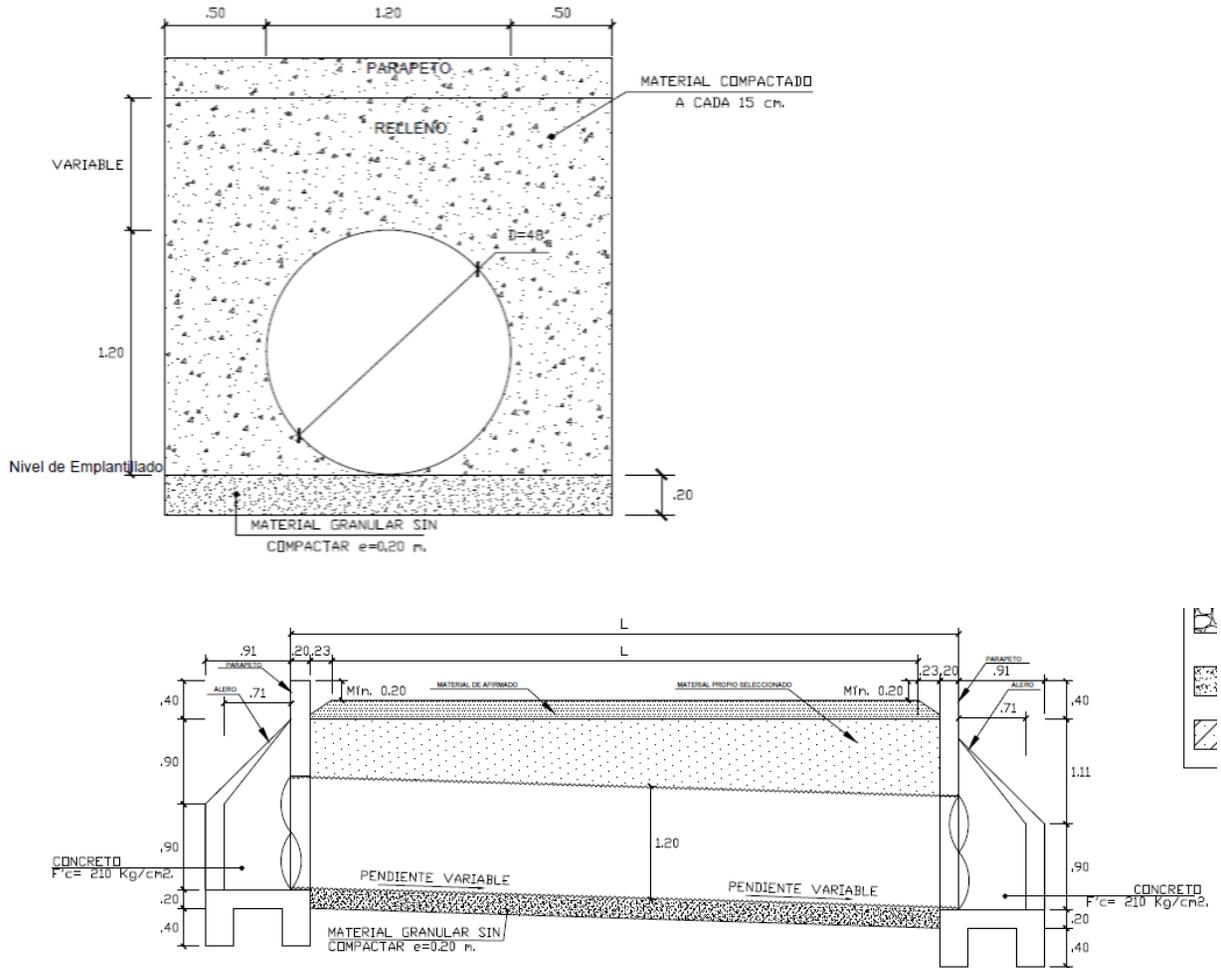
En resumen, todos estos parámetros y consideraciones han sido tomados en cuenta en el diseño y análisis de la alcantarilla de 60" de diámetro, lo que demuestra un enfoque integral y cuidadoso para asegurar su correcto funcionamiento hidráulico.

Cálculo estructural

Por otro lado, el diseño estructural de las alcantarillas de 48" y 60" incluye características como el concreto $f'_c=210\text{kg/cm}^2$ para aleros y cabezales, una cama de $e=20\text{cm}$ con material seleccionado sin compactar, y acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$ con un traslape de $30\varnothing$ y un recubrimiento de 0.03m en las caras expuestas y 0.05m en el contacto con el terreno. También se han considerado sobrecargas según las normas AASHTO tipo HS20 para 2 carriles, utilizando arena con grava u hormigón, un afirmado de $e=0.20\text{cm}$ para el emboquillado, y una mampostería de piedra de $e=0.20\text{m}$ con mortero $f_c=140\text{kg/cm}^2$ (Ver Anexo 10). Todo esto ha sido contemplado en el diseño estructural para garantizar la resistencia y durabilidad de las alcantarillas y su capacidad para soporte en cargas y exigencias a las que estarán sometidas.

Figura 30

Diseño estructural en alcantarilla

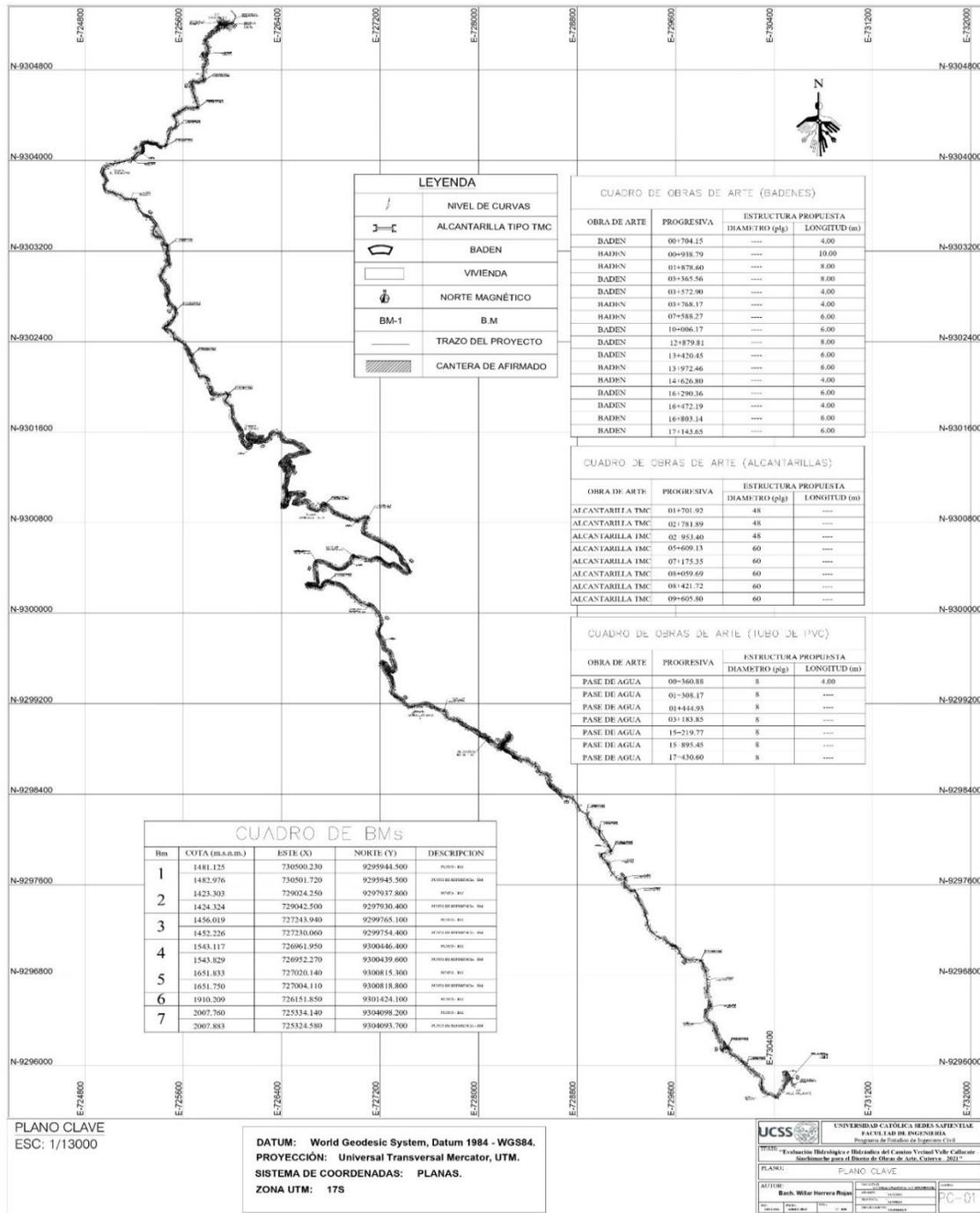


Nota. El diseño en alcantarilla indica materiales y pendiente a emplear acorde al concreto.

Finalmente, con el detalle a diseñar la obra de arte se realizó el plano clave que relaciona cada estructura en el recorrido de todo el tramo del camino vecinal de estudio.

Figura 31

Plano de ubicación del tramo del proyecto



Nota. Elaboración propia.

6.1.11. Metrados

Para ello se consideraron parámetros para diseñar cada obra de arte propuesta, cuyas medidas se pueden observar en los planos de diseño correspondientes.

Tabla 41

Resumen metrados

Ítem	Descripción	Unid	Metrado
01	Evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal		
01.01	Trabajos provisionales		
01.01.01	Campamento provisional de la obra	mes	2,00
01.02	Trabajos preliminares		
01.02.01	Movilización y desmovilización de maquinaria	glb	1,00
01.02.02	Levantamiento topográfico	km	17+873,94
01.03	Obras de arte y drenaje		
01.03.01	Cunetas		
01.03.01.01	Perfilado de cunetas en material suelto	m	12 590,91
01.03.01.02	Perfilado de cunetas en roca suelta	m	7 387,50
01.03.01.03	Perfilado de cunetas en roca fija	m	7 905,00
01.03.02	Alcantarillas TMC		
01.03.02.01	Obras preliminares		
01.03.02.01.01	Trazo y replanteo topográfico	m ²	242,58
01.03.02.02	Movimientos de tierra		
01.03.02.02.01	Excavación para estructuras, en terreno normal	m ³	326,24
01.03.02.02.02	Relleno con material propio	m ³	177,96
01.03.02.02.03	Eliminación de material excedente	m ³	185,35
01.03.02.02.04	Cama de apoyo con material granular sin compactar	m ³	11,84
01.03.02.03	Obras de concreto simple		
01.03.02.03.01	Solado de concreto f'c= 100 kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	5,59
01.03.02.04	Obras de concreto armado		

01.03.02.04.01	Encofrado y desencofrado normal	m ²	247,47
01.03.02.04.02	Concreto $f_c=210$ kg/cm ² en cabezales	m ³	32,13
01.03.02.04.03	Acero de refuerzo, $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1 478,70
01.03.02.05	Alcantarillas TMC		
01.03.02.05.01	Alcantarilla TMC, d=48"	m	18,60
01.03.02.05.02	Alcantarilla TMC, d=60"	m	31,00
01.03.02.06	Emboquillado de piedra		
01.03.02.06.01	Emboquillado de piedra	m ²	63,72
01.03.02.07	Pintura en parapeto		
01.03.02.07.01	Pintura de tráfico en parapetos	m ²	31,86
01.03.03	Pase de agua, tubo de PVC		
01.03.03.01	Obras preliminares		
01.03.03.01.01	Trazo y replanteo topográfico	m ²	33,60
01.03.03.02	Movimientos de tierra		
01.03.03.02.01	Excavación para estructuras, en terreno normal	m ³	21,25
01.03.03.02.02	Relleno con material propio	m ³	12,13
01.03.03.02.03	Eliminación de material excedente	m ³	11,41
01.03.03.03	Obras de concreto simple		
01.03.03.03.01	Concreto $f'_c=175$ kg/cm ² en cabezales	m ³	3,42
01.03.03.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m ²	32,51
01.03.03.03.03	Solado de concreto $f'_c= 100$ kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	0,84
01.03.03.04	Tuberías de PVC		
01.03.03.04.01	Tubería PVC d=8"	m	35,00
01.03.04	Badén de concreto armado		
01.03.04.01	Obras preliminares		1 401,66
01.03.04.01.01	Limpieza y deforestación manual	m ²	467,22
01.03.04.01.02	Trazo y replanteo para obras de arte	m ²	467,22
01.03.04.01.03	Refine nivelación y compactación	m ²	467,22
01.03.04.02	Movimientos de tierra		
01.03.04.02.01	Excavación para estructuras rendimiento=35 m ³ /día	m ³	195,30
01.03.04.02.02	Eliminación de material excedente a mano d=30 m	m ³	297,15

01.03.04.02.03	Relleno compactado estructural para badenes	m ³	35,34
01.03.04.03	Obras de concreto simple		
01.03.04.03.01	Solado de concreto f'c= 100 kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	61,89
01.03.04.04	Obras de concreto armado		
01.03.04.04.01	Encofrado y desencofrado normal	m ²	376,12
01.03.04.04.02	Concreto Fc=210 kg/cm ² en badén	m ³	158,84
01.03.04.04.03	Concreto Fc=140kg/cm ² + 30 % pm.	m ³	64,66
01.03.04.04.04	Acero de refuerzo, fy=4200 kg/cm ²	kg	2 417,61
01.03.04.05	Emboquillado de piedra		
01.03.04.05.01	Emboquillado de piedra	m ²	204,97
01.04	Junta asfáltica 1"		
01.04.01	Juntas asfálticas 1" para baden	ml	428,22
01.05	Señalización de obra y seguridad vial		
01.05.01	Señales informativas	und	31,00
01.06	Mitigación del impacto ambiental		
01.06.01	Mitigación ambiental	glb	1,00
01.07	Presupuesto (pacri)		
01.07.01	Programa de compensación y reasentamiento involuntario (pacri)	glb	1,00
01.08	Flete terrestre		
01.08.01	Flete a zona rural	glb	1,00

Nota. Elaboración propia.

Se visualiza en la tabla el detalle de trabajos necesarios para realizar la evaluación hidrológica e hidráulica de un camino vecinal. Se pueden identificar diferentes tipos de actividades, como trabajos preliminares, obra en arte y drenaje, y la construcciones de un badén de concreto armado. También se puede observar la cantidad de unidades y metrados requeridos para cada actividad, lo que facilita el cálculo de los costos de la obra. En general, el cuadro proporciona una visión detallada de los trabajos necesarios para realizar la evaluación hidrológica e hidráulica de un camino vecinal y puede ser útil para planificar y gestionar el proyecto.

6.1.12. Análisis de costos unitarios

En este informe se presentará un resumen detallado de los recursos utilizados en el proyecto específico, así como las unidades y cantidades correspondientes.

Tabla 42

Resumen recursos

Código	Recurso	Unidad	Cantidad	Parcial S/.
0147000032	Topógrafo	hh	19,85	381,69
0147010002	Operario	hh	3 708,24	74 646,78
0147010003	Oficial	hh	1 053,50	16 634,79
0147010004	Peón	hh	15 794,81	224 286,31
0147030021	Topógrafo	hh	238,27	4 581,86
0201010019	Mitigación del impacto ambiental en el área de la vía	km	7,00	2 100,00
0201010021	Señales informativas (construcción e instalación)	und	961,00	336 350,00
0201010023	Educación ambiental, boletines y charlas	mes	6,00	1 800,00
0202000007	Alambre negro recocido # 16	kg	397,81	1 551,44
0202010005	Clavos para madera c/c 3"	kg	197,57	1 383,02
0202970002	Acero de refuerzo fy=4200 grado 60	kg	4 169,05	13 757,87
0205000003	Piedra chancada de 1/2"	m ³	157,46	16 011,69
0205010004	Arena gruesa	m ³	121,38	12 342,95
0205010019	Material seleccionado en obra	m ³	14,80	740,00
0205020021	Piedra grande de 8"	m ³	67,17	7 388,98
0209010039	Alcantarilla TMC, d=48"	m	361,58	355 429,84
0209010040	Alcantarilla TMC, d=60"	m	1 004,40	987 305,11
0213000006	Asfalto rc-250	gln	107,06	1 626,17
0221000000	Cemento portland tipo i (42.5kg)	bol	2 622,23	76 044,55
0229030002	Yeso en bolsas de 25 kg.	bol	0,02	0,37
0229030004	Yeso (bolsa de 25 kg)	bol	0,74	15,55

0230340006	Microesfera de vidrio	kg	11,15	58,54
0230550057	Estación total, inc. Accesorios	hm	238,21	4 556,90
0232000028	Flete terrestre para la carretera	glb	1,00	12 047,77
0232000054	Programa de compensación y reasantamiento involuntario (pacri)	glb	1,00	30 000,00
0232970004	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1,00	20 800,00
0234000000	Gasolina 84 octanos	gln	64,13	1 013,18
0238000000	Hormigón	m ³	147,78	13 299,84
0239050000	Agua	m ³	10,35	51,73
0239080044	Reforestación de taludes	km	7,00	1 400,00
0239080045	Restauración de botaderos	und	3,00	9 000,00
0239080047	Acondicionamiento de canteras	und	3,00	6 000,00
0239900078	Acondicionamiento de patio de maquinas	glb	1,00	500,00
0239900101	Campamento provisional de la obra	mes	2,00	1 000,00
0243000025	Madera nacional p/encofrado-carp	p2	2 503,84	16 274,95
0243510061	Estaca de madera	p2	0,11	0,48
0244010000	Estaca de madera	p2	4,46	20,07
0253100003	Petróleo	gln	1 153,94	11 735,55
0254110090	Pintura esmalte	gln	0,38	22,08
0254110097	Pintura esmalte de trafico	gln	3,56	1 206,59
0254440001	Disolvente xilol	gln	0,25	9,88
0265220008	Tubería de pvc de 8"	m	245,00	11 025,00
0337010001	Herramientas manuales	%mo		9 576,23
0348040037	Camión volquete 15 m ³ .	hm	16,00	2 400,48
0348080000	Motobomba 10 hp 4"	hm	5,49	1 647,57
0348120002	Camión cisterna 4x2 (agua) 2,000 gal.	hm	5,49	1 922,17
0348220006	Equipo para pintar marcas en el pavimento	hm	0,32	7,97
0349020093	Vibropisonador tipo canguro	hm	38,02	760,36
0349040021	Retroexcavador s/llantas 58 hp 1 yd3.	hm	17,37	4 863,40

0349040091	Cargador frontal 3.5 yd3	hm	4,00	720,13
0349070004	Vibrador de concreto 4 hp 2.40"	hm	97,97	1 567,55
0349090000	Motoniveladora de 125 hp	hm	83,56	15 040,94
0349100007	Mezcladora concreto tambor 18hp 11p3	hm	111,08	2 776,91
0349190001	Estación total inc. Accesorios	hm	19,85	379,70
0349880002	Nivel topográfico, inc. Accesorios	hm	19,85	238,19
0349880021	Nivel topográfico, inc. Accesorios	hm	238,27	2 368,37

Nota. Elaboración propia.

El cuadro muestra una lista detallada de recursos empleados en construir una vía. Al observar los datos, se puede ver que la mayor parte del presupuesto se ha destinado a la contratación de mano de obra, específicamente a operarios, oficiales y peones. También se han utilizado grandes cantidades de piedra chancada, alcantarillas, cemento, asfalto y madera para encofrado. Además, el costo de señales informativas y mitigación del impacto ambiental fue significativo. En general, se puede inferir que la construcción de la carretera fue una tarea intensiva en términos de recursos y empleo de personal especializado y materiales de construcción.

6.1.13. Presupuesto

Tabla 43

Resumen presupuesto

Ítem	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
1	Evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal				2 317 678,29
1.01	Trabajos provisionales				1 000,00
01.01.02	Campamento provisional de la obra	mes	2,00	500,00	
1.02	Obras preliminares				39 425,54
01.02.01	Movilización y desmovilización de maquinaria	glb	1,00	20 800,00	
01.02.02	Levantamiento topográfico	km	17,87	1 042,28	
1.03	Obras de arte y drenaje				1 875 322,94
01.03.01	Cunetas				33 325,54
01.03.01.01	Perfilado de cunetas en material suelto	m	12 950,91	1,11	
01.03.01.02	Perfilado de cunetas en roca suelta	m	7 387,50	1,57	
01.03.01.03	Perfilado de cunetas en roca fija	m	7 905,00	0,93	
01.03.02	Alcantarillas TMC				1 402 883,99

01.03.02.01	Obras preliminares				599,17
01.03.02.01.01	Trazo y replanteo topográfico	m ²	242,58	2,47	
01.03.02.02	Movimientos de tierra				10 800,50
01.03.02.02.01	Excavación para estructuras, en terreno normal	m ³	326,24	11,45	
01.03.02.02.02	Relleno con material propio	m ³	177,96	23,00	
01.03.02.02.03	Eliminación de material excedente	m ³	185,36	8,47	
01.03.02.02.04	Cama de apoyo con material granular sin compactar	m ³	11,84	118,41	
01.03.02.03	Obras de concreto simple				1 606,90
01.03.02.03.01	Solado de concreto f'c= 100 kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	5,59	287,46	
01.03.02.04	Obras de concreto armado				37 553,34
01.03.02.04.01	Encofrado y desencofrado normal	m ²	247,47	49,78	
01.03.02.04.02	Concreto fc=210 kg/cm ² en cabezales	m ³	32,13	558,03	
01.03.02.04.03	Acero de refuerzo, fy=4200 kg/cm ²	kg	1 478,70	4,94	
01.03.02.05	Alcantarillas TMC				1 347 584,26

01.03.02.05.01	Alcantarilla TMC, d=48"	m	18,60	19 215,75	
01.03.02.05.02	Alcantarilla TMC, d=60"	m	31,00	31 941,01	
01.03.02.06	Emboquillado de piedra				4 422,81
01.03.02.06.01	Emboquillado de piedra	m ²	63,72	69,41	
01.03.02.07	Pintura en parapeto				317,01
01.03.02.07.01	Pintura de tráfico en parapetos	m ²	31,86	9,95	
01.03.03	Pase de agua, tubo de PVC				15 438,05
01.03.03.01	Obras preliminares				82,99
01.03.03.01.01	Trazo y replanteo topográfico	m ²	33,60	2,47	
01.03.03.02	Movimientos de tierra				618,94
01.03.03.02.01	Excavación para estructuras, en terreno normal	m ³	21,25	11,45	
01.03.03.02.02	Relleno con material propio	m ³	12,13	23,00	
01.03.03.02.03	Eliminación de material excedente	m ³	11,41	8,47	
01.03.03.03	Obras de concreto simple				3 551,87
01.03.03.03.01	Concreto f'c=175 kg/cm ² en cabezales	m ³	3,42	494,75	
01.03.03.03.02	Encofrado y desencofrado normal	m ²	32,51	49,78	

01.03.03.03.03	Solado de concreto f'c= 100 kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	0,84	287,46	
01.03.03.04	Tuberías de PVC				11 184,25
01.03.03.04.01	Tubería PVC d=8"	m	35,00	319,55	
01.03.04	Badén de concreto armado				423 675,36
01.03.04.01	Obras preliminares				251 429,77
01.03.04.01.01	Limpieza y deforestación manual	m ²	467,22	528,26	
01.03.04.01.02	Trazo y replanteo para obras de arte	m ²	467,22	2,47	
01.03.04.01.03	Refine, nivelación y compactación	m ²	467,22	7,41	
01.03.04.02	Movimientos de tierra				5 107,51
01.03.04.02.01	Excavación para estructuras, rendimiento=35 m ³ /día	m ³	195,30	11,45	
01.03.04.02.02	Eliminación de material excedente a mano d=30 m	m ³	297,15	8,47	
01.03.04.02.03	Relleno y compactado estructural para badenes	m ³	35,34	10,03	
01.03.04.03	Obras de concreto simple				17 790,90
01.03.04.03.01	Solado de concreto f'c= 100 kg/cm ² , e= 10 cm	m ³	61,89	287,46	
01.03.04.04	Obras de concreto armado				135 120,21

01.03.04.04.01	Encofrado y desencofrado normal	m ²	376,12	49,78	
01.03.04.04.02	Concreto fc=210 kg/cm ² en badén	m ³	158,84	558,03	
01.03.04.04.03	Concreto fc=140kg/cm ² + 30 % pm.	m ³	64,66	244,61	
01.03.04.04.04	Acero de refuerzo, fy=4200 kg/cm ²	kg	2 417,61	4,94	
01.03.04.05	Emboquillado de piedra				14 226,97
01.03.04.05.01	Emboquillado de piedra	m ²	204,97	69,41	
1.04	Junta asfáltica 1"				2 732,04
01.04.01	Junta asfáltica 1" para Baden	m	428,22	6,38	
1.05	Señalización de obra y seguridad vial				336 350,00
01.05.01	Señales informativas	und	31,00	10 850,00	
1.06	Mitigación del impacto ambiental				20 800,00
01.06.01	Mitigación ambiental	glb	1,00	20 800,00	
1.07	Presupuesto (pacri)				30 000,00
01.07.01	Programa de compensación y reasentamiento involuntario (pacri)	glb	1,00	30 000,00	

1.08	Flete terrestre				12 047,77
01.08.01	Flete a zona rural	glb	1,00	12 047,77	
	Costo Directo				2 317 678,29
	Gastos generales (10%)				231 767. 83
	Utilidad (10%)				231 767. 83
	Subtotal				2 781 213.95
	IGV (18%)				500 618,51
	Valor referencial				3 281 832,46
	Supervisión de obra (5%)				115 883,91
	Expediente técnico				86 000,00
	Presupuesto total				3 483 716,37

Nota. Elaboración propia.

El análisis del presupuesto presentado revela varios aspectos importantes en relación con los costos asociados a la evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal. A continuación, se detallan algunas observaciones relevantes:

- El presupuesto contempla una evaluación exhaustiva que abarca diferentes aspectos, desde trabajos provisionales y preliminares hasta obras de arte y drenaje, pasos en agua, badenes de concreto armado, entre otros. Esto demuestra un enfoque integral para garantizar la funcionalidad y seguridad del camino vecinal.
- Trabajos preliminares: Se asigna un monto considerable al trabajo de introducción, como movilizaciones y desmovilizaciones de maquinaria, levantamiento topográfico y obras preliminares en general. Estos pasos iniciales son fundamentales para establecer las bases de la evaluación hidrológica e hidráulica.
- Alcantarillas TMC: El presupuesto incluye un apartado específico para las alcantarillas TMC, detallando diferentes aspectos como movimientos de tierra, obras de concreto simple y armado, así como las dimensiones de las alcantarillas (d=48" y d=60"). Esto indica la importancia de garantizar sistemas de drenado eficientes en camino vecinal.
- Badenes de concreto armado: Se destina una suma considerable para la construcción de badenes de concreto armado, que incluye trabajos preliminares, movimientos de tierra, obras de concreto simple y armado, así como el emboquillado de piedra. Estos badenes son esenciales para garantizar el paso seguro del agua y vehículos durante las épocas de lluvia.
- Señalización y seguridad vial: Se asigna un monto significativo a la señalización de obra y seguridad vial. Esto demuestra la preocupación por la seguridad de los trabajadores y usuarios del camino vecinal durante la ejecución de los trabajos.
- Mitigación del impacto ambiental: Se destina un presupuesto específico para la mitigación del impacto ambiental, lo cual es una consideración importante en cualquier proyecto de construcción. Esto puede incluir medidas como la reforestación, control de erosión, entre otras acciones para minimizar el impacto negativo en el entorno.

En resumen, el presupuesto presentado refleja un análisis detallado de los costos asociados a la evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal. Se han tenido en cuenta diferentes aspectos, desde los trabajos preliminares hasta la mitigación del impacto ambiental,

demostrando un enfoque integral para garantizar la calidad y seguridad de la infraestructura vial.

6.1.14. Contrastación de hipótesis

Hipótesis general

Al analizar la data de precipitación máxima en 24 horas, se cumple las condiciones de precipitaciones superiores a 15 mm/mes en varios meses y años. Por otro lado, en la intensidad de diseño para duraciones de menos de 24h en la estación Cutervo, se encontró que para una duración de 0.25h, su intensidad correspondiente para tiempo de retorno en 10 años de 69.25 mm/h, superando el umbral de 10 mm/h establecido en la hipótesis. En cuanto a los tiempos de concentración de las 17 unidades hidrográficas (UH) del lugar de análisis, se tuvo que los valores oscilan entre aproximadamente 0.08 y 0.99h, superando los 0.25h mencionados en la hipótesis. Además, se confirma que en el diseño de los badenes se consideró el flujo supercrítico en los medios hidráulicos, lo cual implica que se tuvo en cuenta el comportamiento hidráulico de alta velocidad y energía en las estructuras de drenaje. Por último, se verificó que la profundidad de agua sobre el camino alcanza los 0.20 metros, cumpliendo así con lo establecido en la hipótesis general.

En resumen, se confirma la presencia de precipitaciones superiores a 15 mm/mes en varios momentos, y se obtiene evidencia preliminar de intensidades superiores a 10 mm/h. Los tiempos de concentración de las UH superan los 0.25h propuestos, indicando una mayor demora en la respuesta hidrológica. Asimismo, se corrobora el uso del flujo supercrítico en el diseño de las obras de arte. Por último, se cumple la condición de profundidad de agua sobre el camino de 0.20 metros. Estos resultados amplían y respaldan la información presentada en la hipótesis inicial. Demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 1

La hipótesis específica 1 plantea que el camino vecinal presenta rasgos técnicos desfavorables debido a la falta de drenaje, un moderado tránsito vehicular, una topografía accidentada con pendientes pronunciadas y suelos arcillosos. Para contrastar esta hipótesis, se realizó un reconocimiento de terreno que reveló problemas como deslizamientos de suelos arcillosos, falta de obras de arte y deficiencias en el diseño de infraestructuras para el escurrir

de aguas en épocas de lluvias intensas. Además, se ejecutó estudios de tráfico que consideró las tasas de crecimiento poblacional y vehicular en el lugar de estudio. En conclusión, se confirma la hipótesis planteada y se destaca la necesidad de intervenir en el camino vecinal mediante obras de drenaje, mejoramiento de las infraestructuras viales y considerando condiciones topográficas y de tráfico. Demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 2

La hipótesis específica 2 plantea que las máximas avenidas en la cuenca Chamaya serán superiores a $8 \text{ m}^3/\text{s}$ en tiempo retorno de 50 años. A fin de contrastar esta hipótesis, se analizaron los caudales que se diseñaron en diferentes estructuras de la cuenca. En el caso de las alcantarillas, badenes y puentes, se observa que los caudales diseñados para el tiempo de retorno 50 años son superiores a $8 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual respalda la afirmación de la hipótesis. Estos resultados indican la necesidad de considerar medidas de diseño hidrológico adecuadas para gestionar los flujos de agua en la cuenca. Demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 3

La hipótesis específica 3 establece que las obras hidráulicas, como cunetas, badenes y alcantarillas de geometría trapezoidal y circular, trabajarán al 75% de su capacidad de diseño utilizando concreto armado y tuberías de TMC. Al contrastar esta hipótesis, se confirma que se han considerado diversos aspectos importantes en el diseño y análisis de estas estructuras. Se seleccionó la sección trapezoidal para las cunetas debido a su eficiencia en el transporte de agua. En el caso de los badenes, se tuvo en cuenta el flujo supercrítico y se utilizó el caudal hidrológico del diseño. Para alcantarilla, la evaluación fue de parámetros de desnivel, las profundidades y las velocidades de flujo. Además, se consideraron aspectos estructurales como el concreto armado, el traslape del acero y el recubrimiento adecuado. Estos resultados han respaldado la hipótesis de que las obras hidráulicas trabajan al 75% de su capacidad de diseño y pueden soportar las fuerzas externas e internas. Demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

Hipótesis específica 4

La hipótesis específica 4 plantea que el presupuesto general de las obras de arte supera los 3 millones de soles, incluyendo el IGV y los gastos generales. Al contrastar esta hipótesis con el resumen presupuestario, se confirma que el monto total del presupuesto de las obras de

arte asciende a 3,644,116.56 soles, superando así el umbral establecido. Este monto incluye diferentes ítems relacionados con la evaluación hidrológica e hidráulica del camino vecinal, así como las obras preliminares y obra en cuneta, alcantarilla y badén. Además, se consideran precios en material, mano de obra y otros asociados. Estos resultados respaldan la hipótesis de que el presupuesto general de las obras de arte supera los 3 millones de soles. Demostrando el cumplimiento de la hipótesis planteada.

6.2. Conclusiones

- Se determinaron las características del suelo del camino vecinal, las mismas consisten en suelos arcillosos y limosos, con una baja agresividad del suelo y sin nivel freático, además de ser un terreno accidentado. Respecto al estudio de tráfico, obsérvese que el índice de tráfico normal es de 48, con una circulación destacada de automóviles y combis. Asimismo, se tomó a consideración la tasa correspondiente al aumento en vehículos pesados con respecto al Producto Bruto Interno (PBI), con alrededor del 1.29%. Estos datos cuantitativos permiten tener una visión más objetiva del crecimiento de tráfico vehicular en las zonas de estudio, lo que resultó crucial para diseños y planificación de un camino vecinal que pueda soportar el aumento del flujo vehicular en el futuro.
- En el estudio hidrológico en la cuenca Chamaya se identificaron 17 unidades hidrológicas (UH). Se recolectaron datos pluviométricos de la estación Cutervo desde 1970 hasta 2020, lo que proporciona 48 años de datos para el análisis hidrológico, cumpliendo con el mínimo recomendado de 20 años. Se empleó el método de Grobe o Dyck y Peschke en la estimación de intensidades máximas de lluvias en función al tiempo de retorno y la durabilidad en precipitación, considerando intervalos de 10 a 1440 minutos. Se diseñaron estructuras para drenado, entre ellas cuneta, alcantarilla y badén, considerando periodos de retornos de 10, 25 y 50 años, según su tipo. Estos caudales de diseño se determinaron utilizando las intensidades de diseño para duración inferior a 24 horas. Los tiempos de concentración promedio para las 17 UH se encontraron dentro del rango de 54.67 a 59.71 minutos. En general, se observó que los coeficientes adimensionales aumentaron para caudales en diseño de 50 años en comparación con el de 25 años, debido a la mayor magnitud del evento considerado en el período de retorno más largo.
- El diseño de los 17 badenes y 49 cunetas se realizó considerando una geometría trapezoidal, lo que permitirá mejor eficiencia al momento de conducir el agua. Además, se propusieron 8 alcantarillas, teniendo en cuenta las dimensiones de los tubos de metal corrugado (TMC) de 48" y 60", considerando que las pendientes variaron entre 0.015

a 0.020 m/m y no cuenta con profundidad de empotramiento. La rugosidad de las alcantarillas es de 0.030 y su tipo es de un solo alineamiento con entrada de borde biselado.

- Se obtuvo un presupuesto final de S/.3 483 716,37, en el cual se incluye gastos de IGV y costos indirectos. Las obras de arte y drenajes, incluyendo cunetas, alcantarillas TMC, pase de agua y emboquillado de piedra, representan la mayor parte del presupuesto. El costo de las alcantarillas TMC es el más alto, seguido por el de las cunetas en material suelto y las cunetas en roca suelta.

6.3.Recomendaciones

- A futuras investigaciones se hace la recomendación de continuar este tipo de investigaciones y evaluar la propuesta de nuevas obras de arte moderna que generen menor impacto ambiental y económico. Además, es importante a la vez considerar estudiar a detalle los tipos de concreto más aptos para este tipo de estructuras hidráulicas.
- Se sugiere realizar construcciones con personal especializado para las obras de arte, además de efectuar siempre un análisis previo de los suelos, sulfatos, pH y cloruros de los terrenos donde se llevarán a cabo.
- Se recomienda realizar estudios más detallados de los efectos del cambio climático en la zona de estudio, para poder adaptar los diseños de obras de arte a las futuras condiciones hidrológicas e hidráulicas.
- Se sugiere evaluar el desempeño de las obras de arte construidas en el camino vecinal Valle Callacate - Sinchimache a lo largo del tiempo, para conocer su comportamiento y detectar posibles problemas y soluciones.
- Es importante seguir investigando y evaluando los diferentes tipos de materiales y técnicas constructivas para las obras de arte hidráulicas, con el fin de optimizar su costo y su impacto ambiental.
- Finalmente, se recomienda seguir estrictamente con las dimensiones planteadas en cada elemento estructural para el camino vecinal Valle Callacate – Sinchimache.

REFERENCIAS

- Abreu, J. (2014). *El método de la investigación. Research Method*. Daena: International Journal of Good Conscience, 9(4), 195-204. [http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9\(3\)195-204.pdf](http://www.spentamexico.org/v9-n3/A17.9(3)195-204.pdf)
- Aguilar, R., & Amarillo, J. (2021). *Mejoramiento del sistema de drenaje de la Carretera Ramal Pacucha – distrito de Andahuaylas – Apurímac* [Tesis de grado, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4708>
- Álvarez, J., & Calle, G. (2013). *Estudio de parámetros hidráulicos e hidrológicos para el dimensionamiento de obras para drenaje vial en la vía de acceso al sector "La Unión" en Santa Isabel- Azuay*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4472/1/TESINA.pdf>
- Anderson, M. (2022). *An Investigation of Water Obstructions and Related Weather Conditions for Nebraska Roadways* [Tesis de maestría, University of Nebraska]. <https://digitalcommons.unl.edu/geoscidiss/142/>
- Autoridad Nacional del Agua, A. (2010). *Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima: Dirección de Estudios de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales. https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/manual-disenos-1_0_2.pdf
- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo.
- Caballero, C., & Cencia, J. (2018). *Modelamiento hidrológico de obras de arte, en la carretera HV-107; tramo: Emp-26b km 0+000 al km 12+150, provincia de Angaraes - Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica]. Repositorio UNH. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2879>

- Carrión, H., & Orellana, C. (2016). *Estudio de sistema de drenaje para la vía Molleturo-Tres Marías- La Iberia, en la provincia de Azuay*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio UCUENCA. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/24093>
- Chereque, W. (2011). *Hidrología para estudiantes de ingeniería civil*. Lima, Perú: CONCYTEC. <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Consorcio Aguas Callao, C. (2015). *Consultoría de obra para la elaboración del estudio definitivo y expediente técnico de obra: Cambio de colector en Urbanización German Astete- La Perla*. Lima: SEDAPAL. <http://www.sedapal.com.pe/Contenido/licitaciones/LP%2004-2018-SEDAPAL/Licitacion%20Publica%2004-2018-SEDAPAL/Tomo%20II/Informe%20de%20suelos/Estudio%20de%20Suelos.pdf>
- Consorcio Global, V. I. (2015). *Estudio de tráfico de la carretera: Emp. 3S (Mollepuquio)- Chinchaypujio- Cotabambas- Tambobamba- Chalhuahuacho*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Lima. Lima: MTC. http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2015/CP_42/Perfil%20Aprobado/1%20Estudio%20de%20Trafico.pdf
- Consorcio Río Mantaro. (2013). *Estudio definitivo para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera DV*. Imperial- Pampas. Graña y Montero. Lima: GyM. <http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2014/Pampas/ANEXO%20-%20ESTUDIOS%20BASICOS%20-%20D-HIDROLOGIA%20E%20HIDRAULICA.pdf>
- Corea y Asociados S.A., C. (2011). *Manual para la revisión de estudios hidrotécnicos de drenaje menor*. Ministerio de Transporte e infraestructura. Nicaragua: MTI. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-para-revision-disenos-drenaje-menor.pdf>

- Cortés, M. & Iglesias, M. (2011). *Diseño y Desarrollo del Proceso de Investigación*.
- Curay, J. (2022). *Evaluación de riesgos geológicos en el A.H La Molina distrito y provincia de Sullana – región Piura 2021* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4930>
- Cvetkovic, A., Maguiña, J., Soto, A., Lama, J. & Correa, L. (2021). *Estudios transversales*. Revista de la Facultad de Medicina Humana, 21(1), 179-185. <https://dx.doi.org/10.25176/rfmh.v21i1.3069>
- Dirección de Obras Hidráulicas, D. (2019). *Potenciando calles y carreteras eficientes y seguras*. EMB Construcción, EMB. <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=4349&ni=sistemas-de-drenaje-potenciando-calles-y-carreteras-eficientes-y-seguras>
- Dirección Nacional de Construcción. (2011). *Norma Técnica. Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas*. Lima: MVCS.
- Dzul, M. (2010). *Aplicación básica de los métodos científicos. “Diseño No-experimental”*. https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Presentaciones/licenciatura_en_mercadotecnia/fundamentos_de_metodologia_investigacion/PRES38.pdf
- Escudero, C. & Perez, G. (2019). *Análisis hidrológico para el diseño del sistema de drenaje pluvial urbano en el sector Parco Chico, ciudad de Pomabamba, Áncash - Perú*. [Tesis de grado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5484>
- Fattorelli, S., & Fernández, P. (2011). *Diseño hidrológico*. (W. A. Network, Ed.) Zaragoza, España: WASA- GN. Obtenido de <https://marianiztli.files.wordpress.com/2016/06/disenohidrologico.pdf>
- Gobierno Regional de Cajamarca, G. (2012). *Ordenamiento territorial de la Región de Cajamarca: Zonificación económica y ecológica*. https://zeeot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/M3_Hidrografico.pdf

- Hernández, L., Botero, J., Sandino, E., y Murillo, I. (2018). *Obras de arte para vías en concreto reflectivo*. Encuentro Internacional de Ingeniería ACOFI. Universidad Piloto de Colombia.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. México: McGraw Hill Education.
- Hernández, Osvaldo. (2021). *Aproximación a los distintos tipos de muestreo no probabilístico que existen*. Revista Cubana de Medicina General Integral, 37(3). Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&tlng=es
- Ingenieros Consultores S.A., I. (2013). *Estudio hidrológico- hidráulico para el diseño del puente sobre la quebrada Padre José, ruta Sixaola- Gandoca*. Estudio básico, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Limón, Talamanca. http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/programas/sixaola-proy-CP-02-2014-IH-Final-REV1.pdf
- Instituto de la Construcción y Gerencia, I. (2016). *Manual de puentes*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Lima: MTC. http://cdn-web.construccion.org/normas/files/transporte/RD_09-2016-MTC.pdf
- Instituto Nacional de Defensa Civil, I. (2017). *Estado Situacional de la Emergencia. Obtenido de Derrumbe en la Cuenca Lacco Yavero (Desvío km. 69- Quintarena, Vaquería, Alto Mesada, Poblado Estre:* http://sinpad.indeci.gob.pe/sinpad/emergencias/Evaluacion/Reporte/rpt_eme_situacion_emergencia.asp?EmergCode=00063076&expand=1
- López, M., y Carmen, E. (2022). *Análisis hidrológico e hidráulico para la evaluación de riesgo de inundación fluvial por desborde del Río Huallaga en el Sector de Huayopampa, Distrito de Amarilis, Provincia de Huánuco 2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizan] Repositorio Institucional UNHEVAL <https://hdl.handle.net/20.500.13080/7329>
- Martienzo, F. C. (2012). *Costos de Construcción*. Ciudad de México: Editorial Digital.

- Medina, P., Salomon, N., & Gómez, R. (2020). *Evaluación de la estimación de metrados para los costos de la partida de arquitectura de una obra retail en Lima en el 2019 con la implementación BIM*. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 155-171.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, M. (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Lima. Lima: MTC. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (2016). *Reglamento Nacional de Vehículos. Superintendencia de transporte terrestre de personas, carga y mercancías, Lima.* Lima: SUTRAN. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_70.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones, M. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- Miñano, V., & Urquiaga, L. (2018). *Estudio definitivo del proyecto de construcción de la vía local Pasambara- Chorpamba, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco-La Libertad, 2017*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio UNT. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11112>
- Mochamad, A., Fiannurdin, A., Sukaridhoto, S., Tjahjono, A., & Basuki, D. (2019). *The Vehicle as a Mobile Sensor Network base IoT and Big Data for Pothole Detection Caused by Flood Disaster*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 239, 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/239/1/012034>
- MTC (2012). *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Lima. Lima: MTC. http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2950.pdf
- MTC (2018). *Manual de Carreteras: Diseño geométrico DG*. Lima: Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/m anuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf

Municipalidad Provincial de Cutervo, M. (2019). *Condiciones de caminos vecinales del distrito de Cutervo*. Cutervo: MPC.

N.T.P. 339.127, N. T. (2014). *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. Lima: INACAL.

N.T.P. 339.128, N. T. (2014). *Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima: INACAL.

N.T.P. 339.129, N. T. (2014). *Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima: INACAL.

N.T.P. 339.141, N. T. (2014). *Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada de 2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)*. Lima: INACAL.

N.T.P. 339.145, N. T. (2014). *Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)*. Lima: INACAL.

Ocampo, R. I. (2014). *Desarrollo de software para el diseño, dibujo de planos, metrados y elaboración del presupuesto de muros de contención apoyados sobre suelo*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/377>

Otálvaro, M. (2016). *Consideraciones generales para realizar el diseño hidrológico e hidráulico de obras de drenaje para vías de bajos volúmenes de tránsito. Caso de estudio pista de prueba Urrao-Antioquia*. [Tesis de grado, Universidad de Medellín. Medellín]. Repositorio UDM. https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/2203/TG_IC_4.PDF

Pérez, A., & Vanegas, L. (2016). *Estudio hidrológico e hidráulico en la zona Baja de la Cuenca del Río Frío en el Municipio de Chía*. [Tesis de grado, Universidad

- Católica de Colombia]. Repositorio UCATOLICA.
<http://hdl.handle.net/10983/6166>
- Popper, K. R. (2016). *La lógica en la investigación científica*. En Editorial Tecnos (Vol. 86, Número 2). <https://doi.org/10.1016/j.acmx.2016.01.006>
- Posso, H. (2016). *Manual de drenaje para carreteras*. Bogotá: Instituto nacional de vías.
- Proyectos de Ingeniería S.A., P. (2019). *Estudios básicos de ingeniería*. Estudios básicos PROINSA: <http://proin-sa.com.ar/site/estudios-basicos/>
- Puelles, J. (2015). *Estudio hidráulico e hidrológico de la Cuenca Alto Perú y el Porvenir en el asentamiento humano Las Mercedes Alto Perú, distrito de la Oroya, provincia de Yauli – Junín para la construcción futura de obras de arte ante amenazas de derrumbes*. [Tesis de grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio UPC.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/620953>
- Ramos, J. (2015). *Costos y presupuestos en edificaciones*. Lima, Perú: Editorial Macro.
- Sousa, V., Driessnack, M., Costa, I. (2007). *Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería. Parte 1: Diseño de investigación cuantitativa*. Rev Latino-am Enfermagem, 15(3).
<https://www.scielo.br/j/rlae/a/7zMf8XypC67vGPrXVrVFGdx/?format=pdf&lang=es>
- Vásquez, A. (2016). *Manejo y gestión de cuenca hidrográficas*. Lima: UNALM.
- Vásquez, C. (2012). *Estudio hidrológico de la región Cajamarca*. Gobierno Regional de Cajamarca. Cajamarca: GRC.
http://geoservidorperu.minam.gob.pe/geoservidor/Archivos/Mapa/Cajamarca/Memoria_Descriptiva_Hidrologia.pdf
- Veiga, L., Zanetti, M., & Faggion, P. (2012). *Fundamentos de topografía*. Paraná: Universidad Federal do Paraná.
http://www.cartografica.ufpr.br/docs/topo2/apos_topo.pdf

Vélez, J., Botero, B., Parra, J., Aristizábal, V., & Marulandia, A. (2013). *Diseño hidráulico e hidrológico de obras de ingeniería para proyectos viales*. (U. N. Colombia, Ed.) Manizales, Colombia: Infi- Caldas.

Villón, M. (2011). *Drenaje*. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

i. Anexos

Anexo 1: Operacionalización de variables

Tabla 44

Matriz de Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Sub indicadores	Técnicas de recolección	Método análisis	Escala medición
VI: Evaluación hidrológica e hidráulica.	Acorde al MTC (2018) el estudio hidrológico e hidráulico es un estudio básico de ingeniería con objetivo del establecimiento en caudal de diseño, factor hidráulico fluvial que permitirá real apreciación del comportamiento hidráulico en un río (p. 44).	La evaluación hidrológica e hidráulica es ejecutado tomando de base los estudios básicos de ingeniería que permiten detallar las características reales de la zona de estudio para así poder determinar sus características hidrológicas e hidráulicas en tramos de caminos vecinales, bajo la obtención de las precipitaciones en SENAMHI para la obtención de los caudales máximos.	Realidad situacional	Características generales de la zona	Población	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
			Estudios básicos de Ingeniería	Estudio de tráfico	IMDA	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
				Estudio topográfico	Características geográficas	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
				Estudio de Mecánica de Suelos	Características del suelo	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
				Estudio de Impacto Ambiental	Impactos positivos y negativos	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
			Hidrología	Cuenca hidrográfica	Área de la cuenca	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
					Perímetro de la cuenca	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
					Longitud del cauce principal	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
					Curva hipsométrica	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
					Elevación media	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal
					Periodo de retorno	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal
			Datos estadísticos hidrológicos	Análisis de contenido	Análisis estadístico	Ordinal		

			Características hidrológicas	Tormenta de diseño	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Tiempo de concentración	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Hietograma de diseño	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Precipitaciones	Observación	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Caudales	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
			Hidráulica y drenaje	Características hidráulicas	Modelado hidráulico	Observación	Ordinal			
					Drenaje subterráneo	Análisis de contenido	Ordinal			
				Tipo de drenaje	Drenaje superficial	Análisis de contenido	Ordinal			
VD: Diseño de obras de arte	Los diseños en obras de arte es un procedimiento que se realiza bajo los parámetros hidráulicos importantes para determinar sus dimensiones y características esenciales de estas estructuras (Autoridad Nacional del Agua, 2010).	Los diseños en obras de arte es un procedimiento que se realiza teniendo el caudal de diseño que ha sido obtenido mediante estudio hidrológico e hidráulico previo de una zona determinada.	Consideraciones para diseño hidráulico de alcantarillas	Material sólido de arrastre	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Borde libre	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Socavación local a salida de la alcantarilla	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Abrasión	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
				Corrosión	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal			
			Obras de drenaje de arte menor			Consideraciones para diseño hidráulico de badenes	Material sólido de arrastre	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal
							Protección contra la socavación	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal
							Borde libre	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal
							Pendiente longitudinal del badén	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal
							Pendiente transversal del badén	Análisis de contenido	Análisis descriptivo	Ordinal

Anexo 2: Resultados del Conteo Vehicular del día con mayor flujo-Domingo

Tabla 45

Conteo vehicular

Hora	Auto	Station wagon	Camionetas			Micro	Bus		Camión			Semi tráiler			Tráiler				Total	Porc (%)		
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2 S2	2S3	3S1/3 S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3	
Diagra. Veh.																						
00-01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
01-02	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
02-03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
03-04	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
04-05	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.61%
05-06	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4.84%
06-07	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.61%
07-08	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4.84%
08-09	2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8.06%
09-10	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4.84%
10-11	1	1	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11.29%
11-12	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1.61%
12-13	1	0	1	0		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4.84%
13-14	1	1	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	12.90%

14-15	1	0	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	11.29%
15-16	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	8.06%
16-17	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6.45%
17-18	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	6.45%
18-19	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4.84%
19-20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
20-21	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3.23%
21-22	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3.23%
22-23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
TOTAL	12	6	19	0	11	6	0	0	8	0	62	100.00										
L																						%
(%)	19.35	9.68	30.65	0.00	17.74%	9.68	0.00	0.00	12.90	0.00	100.00											
	%	%	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

Nota. Elaboración propia.

Anexo 3: Registro fotográfico de ensayos de laboratorio realizados

Figura 32

Ensayo de Granulometría- Tamizado de los agregados obtenidos.



Figura 33

Ensayo de Límites de Atterberg en la Copa de Casagrande.



Figura 34

Ensayos de Contenido de Humedad Natural y Sales Solubles

**Figura 35**

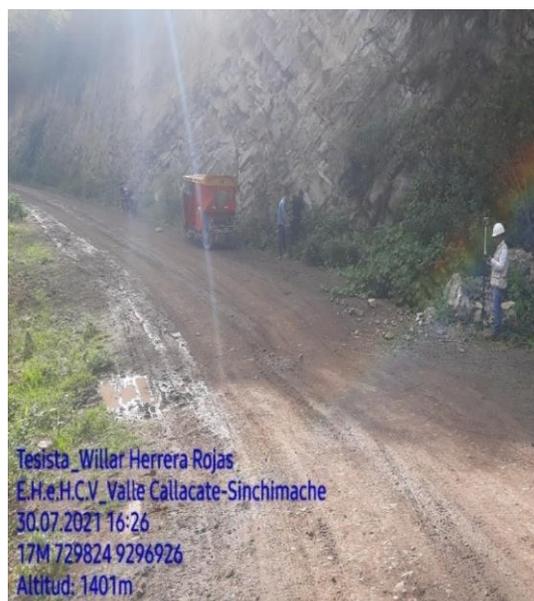
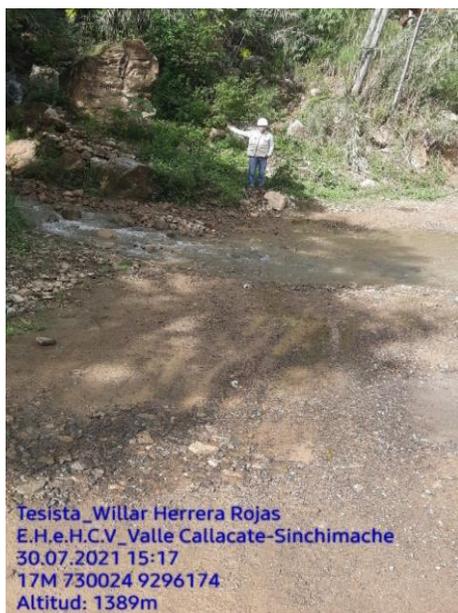
Ensayo de Proctor Modificado-Compactación de muestra en el molde.



Anexo 4: Registro fotográfico de levantamiento topográfico realizado.**Figura 36***Levantamiento topográfico de la carretera Callacate- Sinchimache- Panel 1*

Figura 37

Levantamiento topográfico de la carretera Callacate- Sinchimache- Panel 2





Nota. Elaboración propia.

Anexo 5: Registro de Precipitaciones

Tabla 46

Precipitación máxima 24h estación Cutervo

ESTACIÓN CUTERVO												
<i>Estación: CUTERVO</i>						<i>Lat:</i>	<i>78° 48' 57"</i>	<i>Disto:</i>	<i>Cutervo</i>			
<i>Parámetro: PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 HORAS</i>						<i>Lon:</i>	<i>06° 22' 43"</i>	<i>Prov:</i>	<i>Cutervo</i>			
						<i>Alt:</i>	<i>2600 msnm</i>	<i>Dpto:</i>	<i>Cajamarca</i>			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1970	26.5	18.0	26.5	19.0	21.0	16.0	15.0	14.5	6.5	44.5	8.0	43.5
1971	27.5	25.5	34.0	16.5	30.5	22.0	17.0	8.0	10.0	26.0	30.5	17.0
1972	22.0	13.0	30.5	32.0	22.0	25.0	9.0	14.5	18.0	27.0	32.5	18.0
1973	21.0	31.0	23.0	41.5	10.5	40.0	9.5	25.0	21.0	25.1	10.0	26.0
1974	11.5	27.2	23.4	19.5	5.0	15.0	7.0	7.0	38.0	25.1	38.0	19.0
1975	10.0	25.0	28.0	42.0	21.5	25.0	7.5	10.0	19.0	17.3	7.5	12.0
1976	10.3	49.0	23.5	37.0	21.0	8.0	4.0	8.5	9.0	28.0	22.0	21.5
1977	14.0	24.5	8.5	38.0	2.0	4.5	0.0	10.8	6.4	10.5	14.2	10.0
1978	14.4	15.2	17.6	13.6	19.2	0.0	16.0	0.0	8.8	10.4	20.4	10.2
1979	20.8	20.6	22.6	21.6	10.2	1.8	8.2	20.4	15.4	11.8	9.6	10.0
1980	8.2	15.2	12.8	8.4	12.0	9.4	14.8	8.4	8.6	24.8	14.8	16.0
1981	9.4	40.3	48.6	11.2	15.2	8.8	9.2	8.3	3.2	17.0	7.2	12.8
1982	6.6	15.2	12.6	4.2	12.0	6.4	10.6	0.0	18.0	32.0	19.0	11.2

1983	5.6	11.0	3.6	36.0	16.0	4.0	10.0	4.0	5.0	19.0	38.0	16.0
1984	16.4	19.2	8.0	13.0	9.5	9.9	6.8	7.5	16.4	21.7	20.7	18.6
1987	8.6	19.2	30.0	19.0	6.7	9.2	20.4	8.3	16.3	20.6	19.8	15.3
1988	18.0	14.0	17.9	17.6	10.5	8.1	11.1	3.4	11.0	15.6	33.2	17.2
1989	28.0	24.8	24.0	30.0	18.7	12.0	9.2	13.2	36.2	38.5	28.0	29.5
1990	30.0	22.4	22.4	18.3	19.8	9.0	8.7	6.4	12.3	43.0	24.0	18.3
1991	14.5	18.9	17.7	18.7	9.0	8.0	12.0	5.1	17.4	23.0	15.8	31.2
1992	9.2	26.8	31.0	23.8	16.9	14.5	8.5	5.3	22.0	19.0	15.3	12.5
1993	30.0	16.5	42.2	33.2	13.8	3.2	17.5	19.0	52.0	21.2	25.5	52.0
1994	23.0	25.0	39.0	26.8	12.5	4.5	5.0	0.3	17.8	6.8	38.0	26.8
1995	10.2	11.0	22.5	17.4	16.4	5.0	6.0	25.5	7.3	33.7	25.1	31.0
1996	15.1	23.4	31.2	22.4	21.9	34.2	2.4	8.2	8.4	39.5	19.5	11.0
1997	24.2	36.0	20.8	13.4	8.0	12.2	2.0	5.3	5.5	23.5	15.0	23.2
1998	10.0	54.0	59.9	26.0	29.8	3.0	0.0	1.6	23.3	32.1	34.3	43.5
1999	37.8	57.0	22.8	20.0	16.6	28.0	20.3	4.5	35.6	31.0	44.2	33.0
2000	25.3	50.0	30.8	40.9	22.5	13.9	14.8	8.1	16.0	5.3	9.0	34.0
2001	34.0	12.1	49.1	33.2	18.0	1.5	3.8	2.0	15.3	36.2	28.3	26.1
2002	12.7	21.3	27.8	41.9	27.0	13.0	9.0	1.8	40.0	54.4	22.2	22.1
2003	19.0	40.0	32.0	29.0	10.2	10.5	0.5	7.2	6.6	22.0	26.8	12.6
2004	25.5	33.0	11.4	33.1	13.7	5.1	7.4	6.0	12.9	29.1	38.6	16.7
2005	13.5	42.4	25.2	11.6	18.6	15.1	4.5	2.2	16.2	46.7	18.7	18.0
2006	27.0	25.4	49.5	37.0	7.4	14.8	12.5	3.5	17.0	23.5	32.4	18.6

2007	31.3	9.4	25.8	22.6	27.3	4.0	15.2	7.8	15.1	46.5	26.0	24.9
2008	28.0	38.3	15.2	23.8	20.8	11.7	6.2	18.5	22.2	35.2	35.9	24.4
2009	16.0	28.8	43.8	28.3	13.8	17.0	11.6	2.8	16.4	25.9	14.8	22.7
2010	13.9	49.3	50.4	40.3	15.5	4.8	28.9	4.8	26.3	26.2	29.0	18.6
2011	30.5	25.0	32.4	25.7	10.6	6.3	7.0	16.0	23.3	30.1	21.4	35.2
2012	40.5	19.9	34.3	29.7	8.8	1.2	2.0	4.0	22.2	39.8	13.3	17.5
2013	49.0	21.5	36.1	31.9	59.0	10.1	2.4	25.5	8.7	15.3	12.2	28.5
2014	16.3	34.2	65.0	27.2	20.5	11.1	11.8	6.2	10.4	26.7	28.8	35.0
2015	35.0	36.6	34.6	43.2	11.0	2.3	4.0	1.5	4.6	23.6	20.2	7.8
2016	16.2	26.4	25.8	33.8	30.5	10.3	5.0	3.5	32.0	22.2	51.0	27.5
2017	41.0	32.0	27.8	23.7	32.0	23.1	5.3	25.4	21.2	30.9	22.1	21.0
2018	39.7	21.2	32.3	27.9	35.1	10.2	8.1	9.3	16.2	42.8	32.4	19.5
2019	18.4	51.0	37.7	28.8	36.8	9.3	13.7	1.2	5.2	28.6	28.0	21.7

Fuente. SENAHEMI (2021).

Anexo 6: Matriz de consistencia

Tabla 47

Matriz de consistencia del estudio

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		Método de investigación:
¿Cuáles son las condiciones hidrológica e hidráulica del camino vecinal Valle Callacate-Sinchimache para el diseño de obras de arte?	Evaluar las condiciones hidrológicas e hidráulicas del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache para el diseño de obras de arte, Cutervo – 2021	La hidrología se identifica por precipitaciones superiores a 15 mm/mes e intensidades de 10mm/h con tiempo de concentración de 0.25 h. Mientras que, los medios hidráulicos predominan el flujo supercrítico, con profundidad de agua sobre el camino de 0.20 m.	Variable independiente (VI): Evaluación hidrológica e hidráulica Indicadores VI: <ul style="list-style-type: none"> • Periodo de retorno • Tormenta de diseño • Caudales 	Científico Tipo de investigación: Aplicada con enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) Alcance de investigación: Descriptivo Diseño de investigación: No experimental Población: Distrito de Cutervo de la provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca Muestra: 18km comprendidos por el tramo del
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas		
¿Cuáles son las características técnicas, topográficas y geotécnicas del camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache?	Obtener las características técnicas, topográficas y geotécnicas en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache.	Los rasgos técnicos del camino vecinal son desfavorables por la inexistencia de drenaje y moderado tránsito vehicular. Añadido a su vez una topografía accidentada con pendientes superiores al 10% y de suelos arcillosos.		
¿Cuáles son las máximas avenidas de la cuenca hidrográfica Chamaya?	Determinar las máximas avenidas de la cuenca hidrográfica Chamaya.	Las máximas avenidas en la cuenca Chamaya serán superiores a 8 m ³ /s para un periodo de retorno de 50 años.	Variable dependiente (VD): Diseño de obras de arte Indicadores VD: <ul style="list-style-type: none"> • Cunetas • Alcantarillas • Badenes 	
¿Cuál es el diseño hidráulico y estructural de las obras de arte para evacuar los caudales de escorrentía en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache?	Realizar el diseño hidráulico y estructural de las obras de arte, cunetas, badenes y alcantarillas en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache.	Las obras hidráulicas trabajaran al 75% de su capacidad de diseño como cuneta, badén y alcantarilla de geometría trapezoidal y circular. La estructura soportará las fuerzas externas e internas para la cual se prevé de concreto armado y tuberías de TMC.		

¿Cuál es el presupuesto del proyecto en las obras de arte del camino vecinal Valle Callacate-Sinchimache?

Realizar los metrados, análisis de costos unitarios y presupuesto del proyecto en el camino vecinal Valle Callacate- Sinchimache.

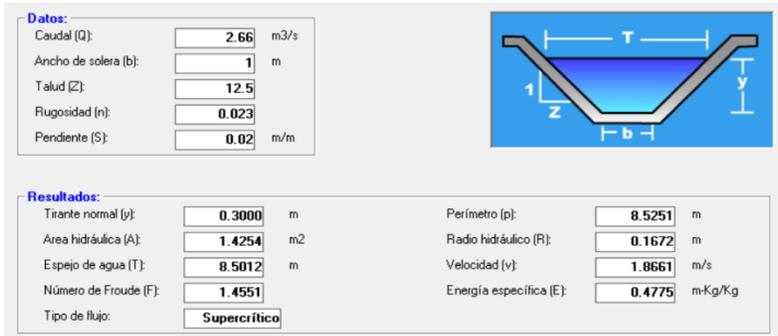
El presupuesto general de las obras de arte supera los 3 millones de soles, incluyendo el IGV y gastos generales.

camino vecinal del CP Valle Callate, al CP Sinchimache en distrito y provincia de Cutervo

Anexo 7: Cálculo diseño badenes con H canales

Figura 37

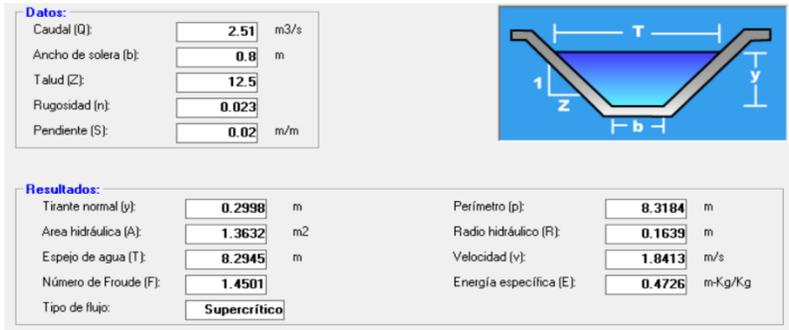
Baden 1



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 38

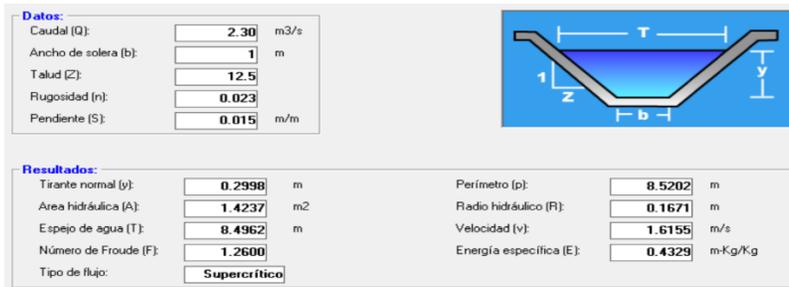
Baden 2



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 39

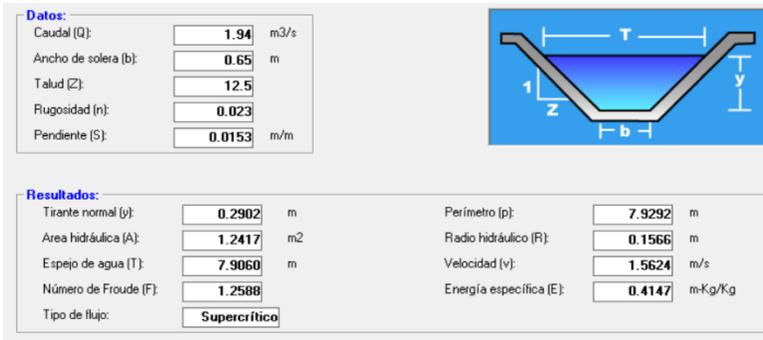
Baden 3



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 40

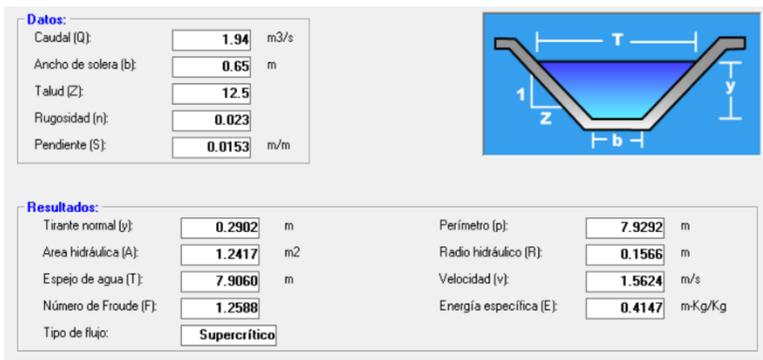
Baden 7



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 41

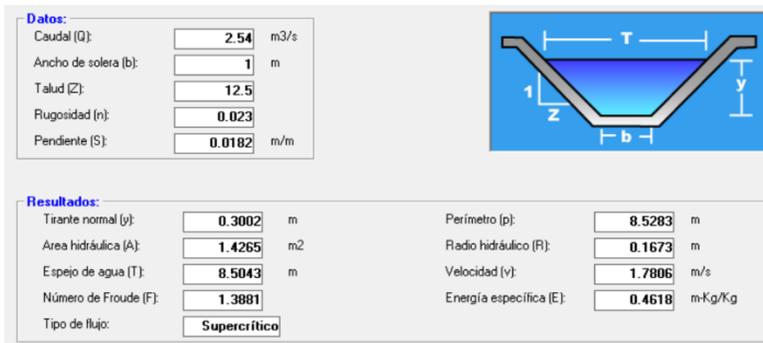
Baden 11



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 42

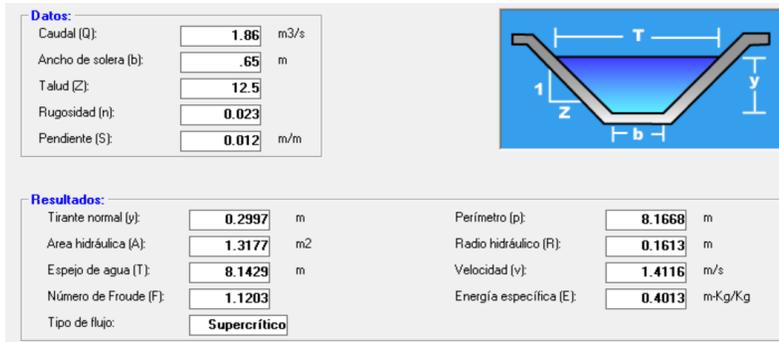
Baden 12



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 43

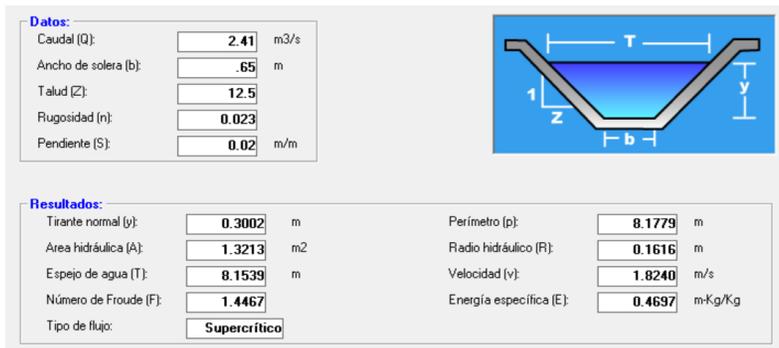
Baden 13



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 44

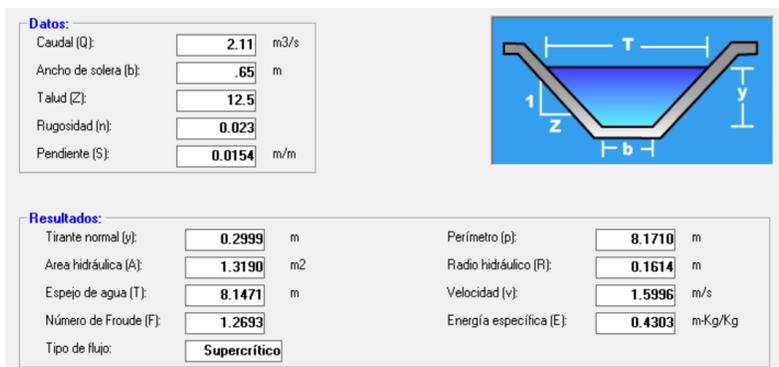
Baden 14



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 45

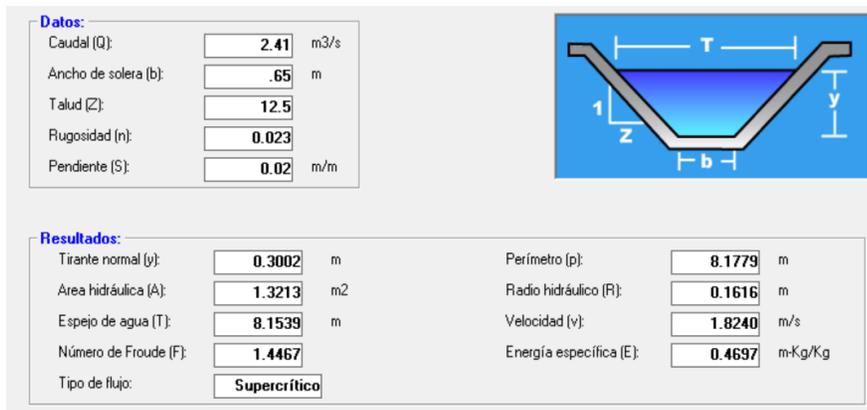
Baden 15



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 46

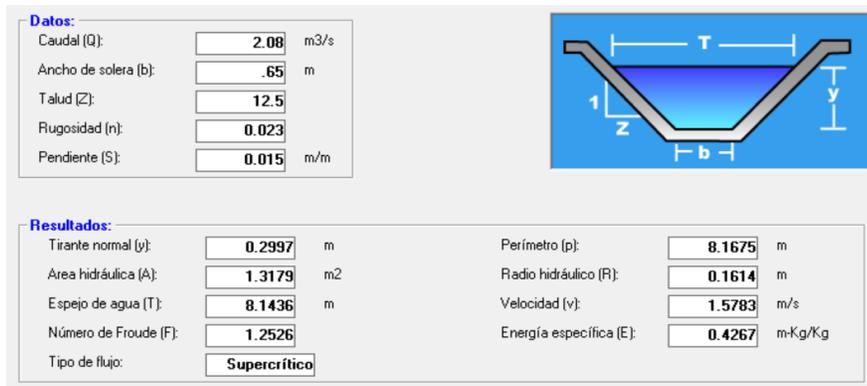
Baden 16



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Figura 47

Baden 17



Nota. Elaboración Propia con H canales.

Anexo 8: Planos de diseño

Figura 48

Plano Alcantarilla TMC 48''

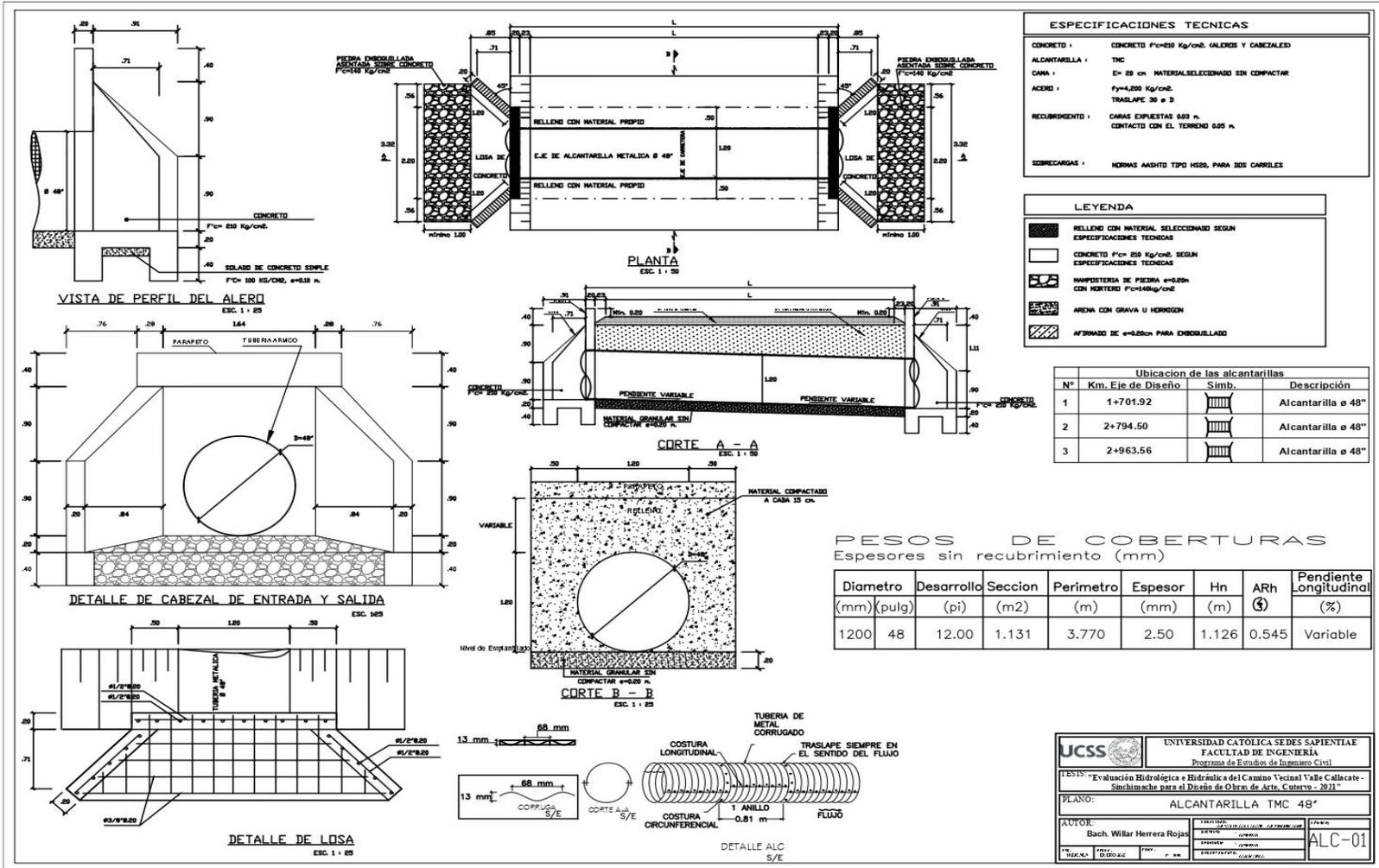


Figura 49

Plano Alcantarilla TMC 60''

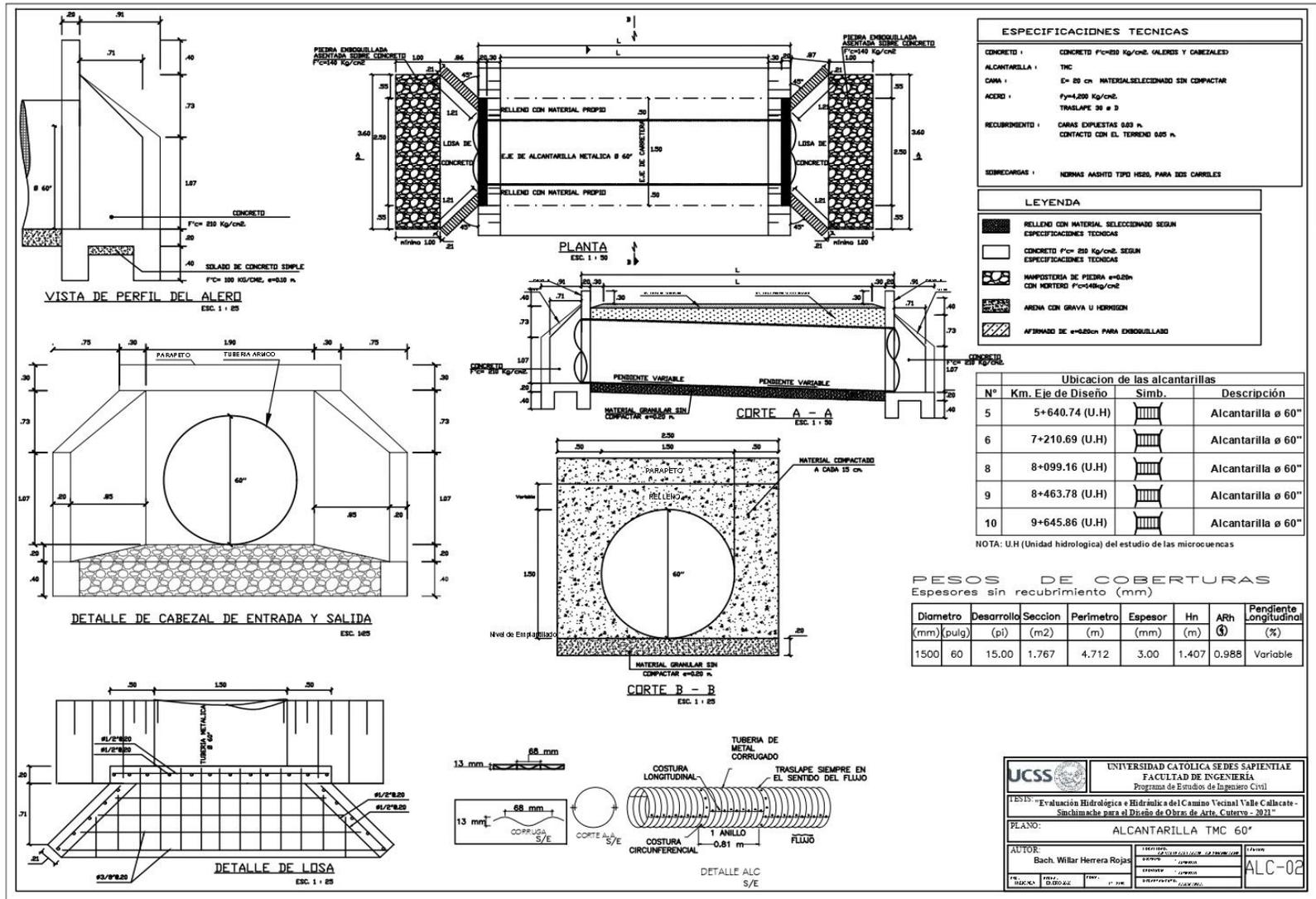
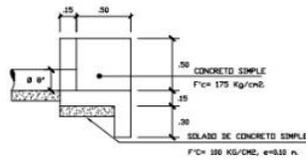
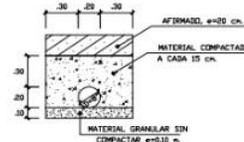


Figura 50

Plano Alcantarilla Pase de agua TMC 8''

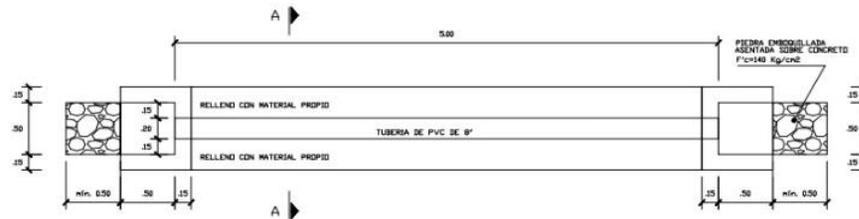


CABEZAL EN PASES DE AGUA
ESC. 1 - 25



CORTE A - A
ESC. 1 - 25

ESPECIFICACIONES TECNICAS	
CONCRETO :	CONCRETO f'c=175 Kg/cm2 (CABEZALES)
ALCANTARILLA :	TMC
CAMA :	E= 10 cm MATERIAL SELECCIONADO SIN COMPACTAR
ACERO :	f _y =4,200 Kg/cm2 TRASLAPAZ 30 ø D
RECUBRIMIENTO :	CANAS EXPUESTAS 60% m. CONTACTO CON EL TERRENO 0.05 m.
SOBRECARGAS :	NORMAS AASHTO TYPD H20, PARA DOS CARRELES



PLANTA DEL PASE DE AGUA 8"
ESC. 1 - 25

		UNIVERSIDAD CATOLICA SEDES SAPIENTIAE FACULTAD DE INGENIERIA Programa de Estudios de Ingeniero Civil	
TESIS: "Evaluación Hidrológica e Hidráulica del Camino Vecinal Valle Callacate - Sitchimache para el Diseño de Obras de Arte, Cutervo - 2021"			
PLANO: ALCANTARILLA PASE DE AGUA TMC 8"			
AUTOR: Bach. Wilmar Herrera Rojas		TITULO: ALC-03	
FECHA: 2021/08/01	REV.: 01	DISEÑADO: WILMAR HERRERA ROJAS	APROBADO: WILMAR HERRERA ROJAS

Figura 51

Plano Badén 01

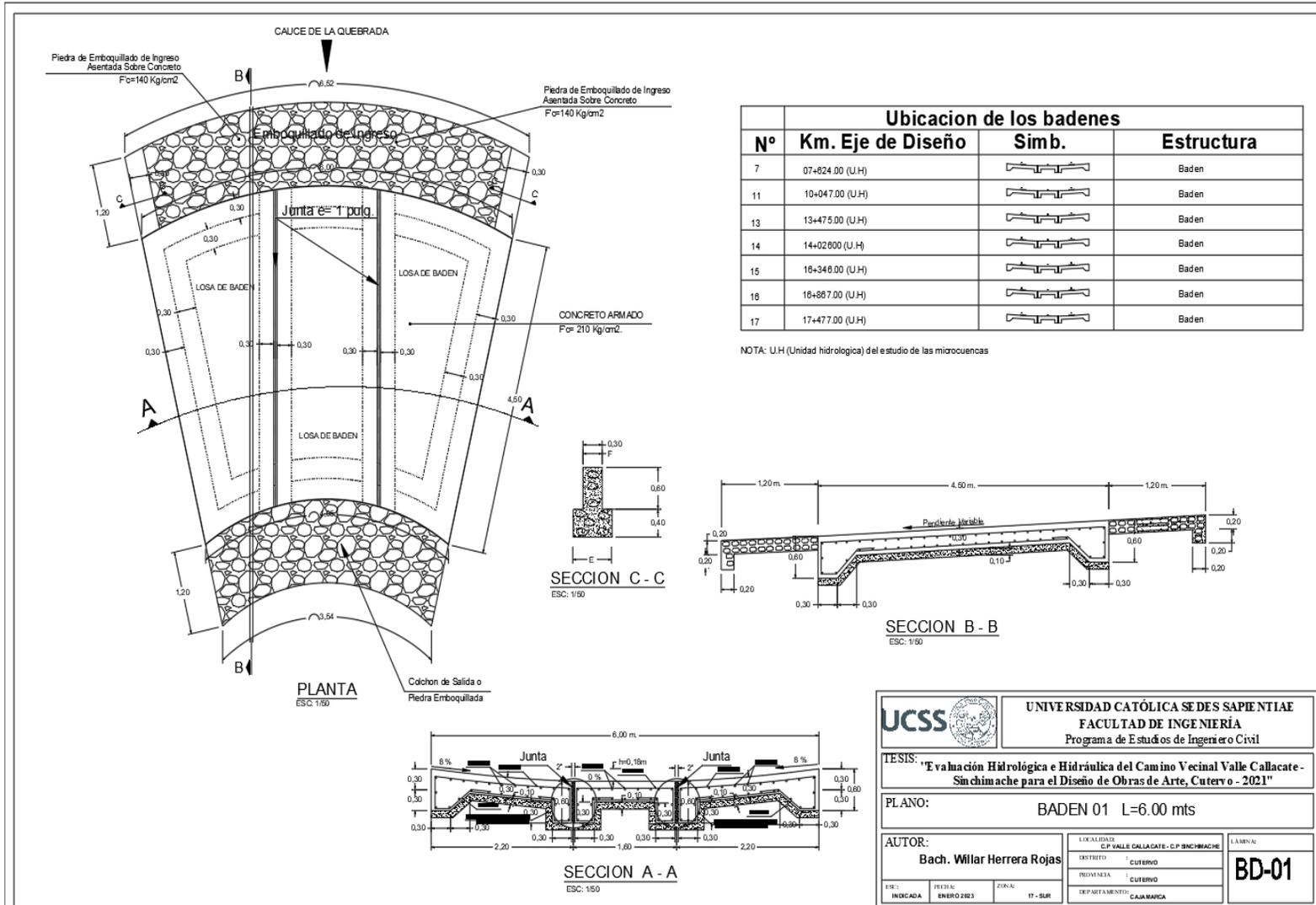


Figura 52

Plano Badén 02

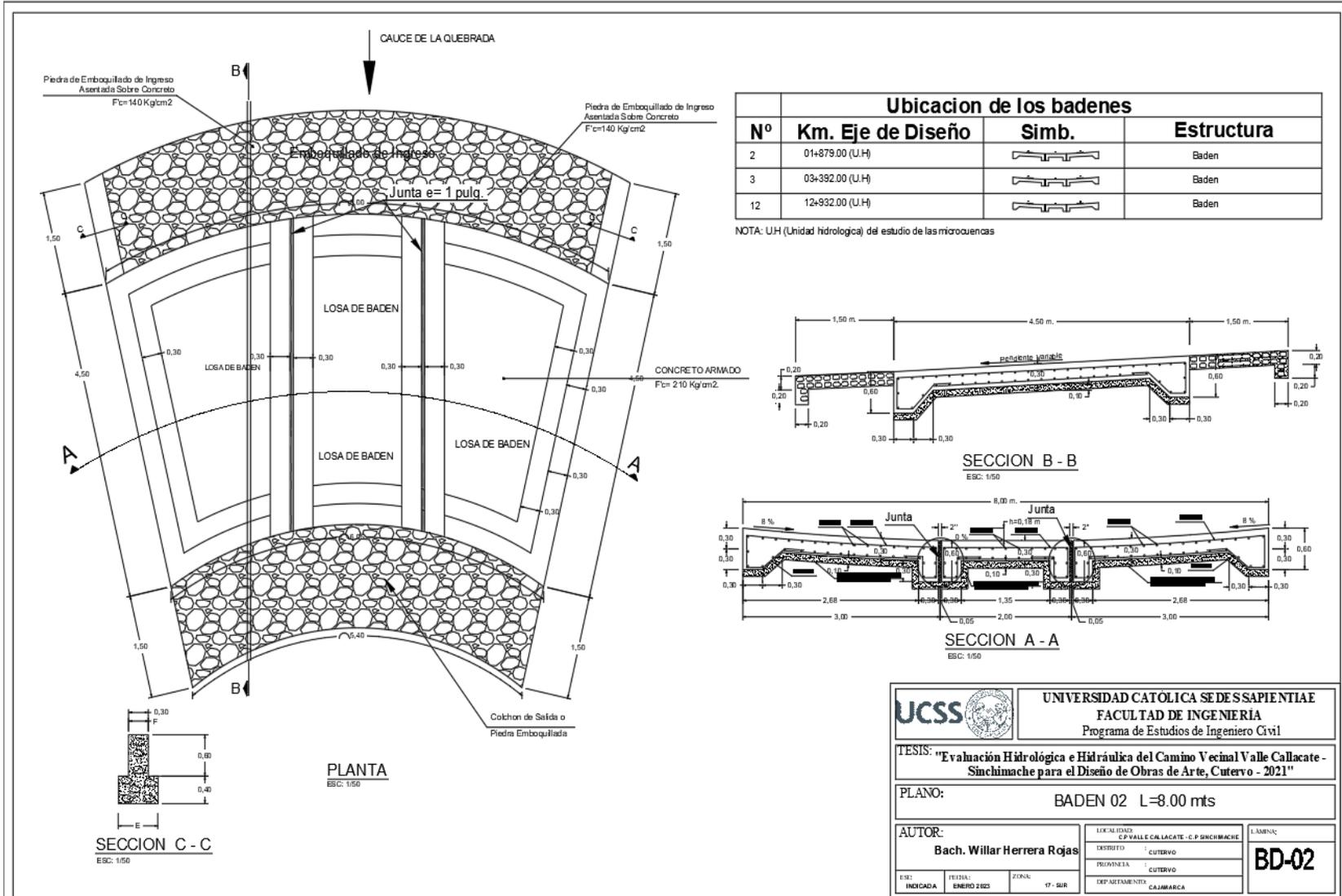


Figura 53

Plano Badén 03

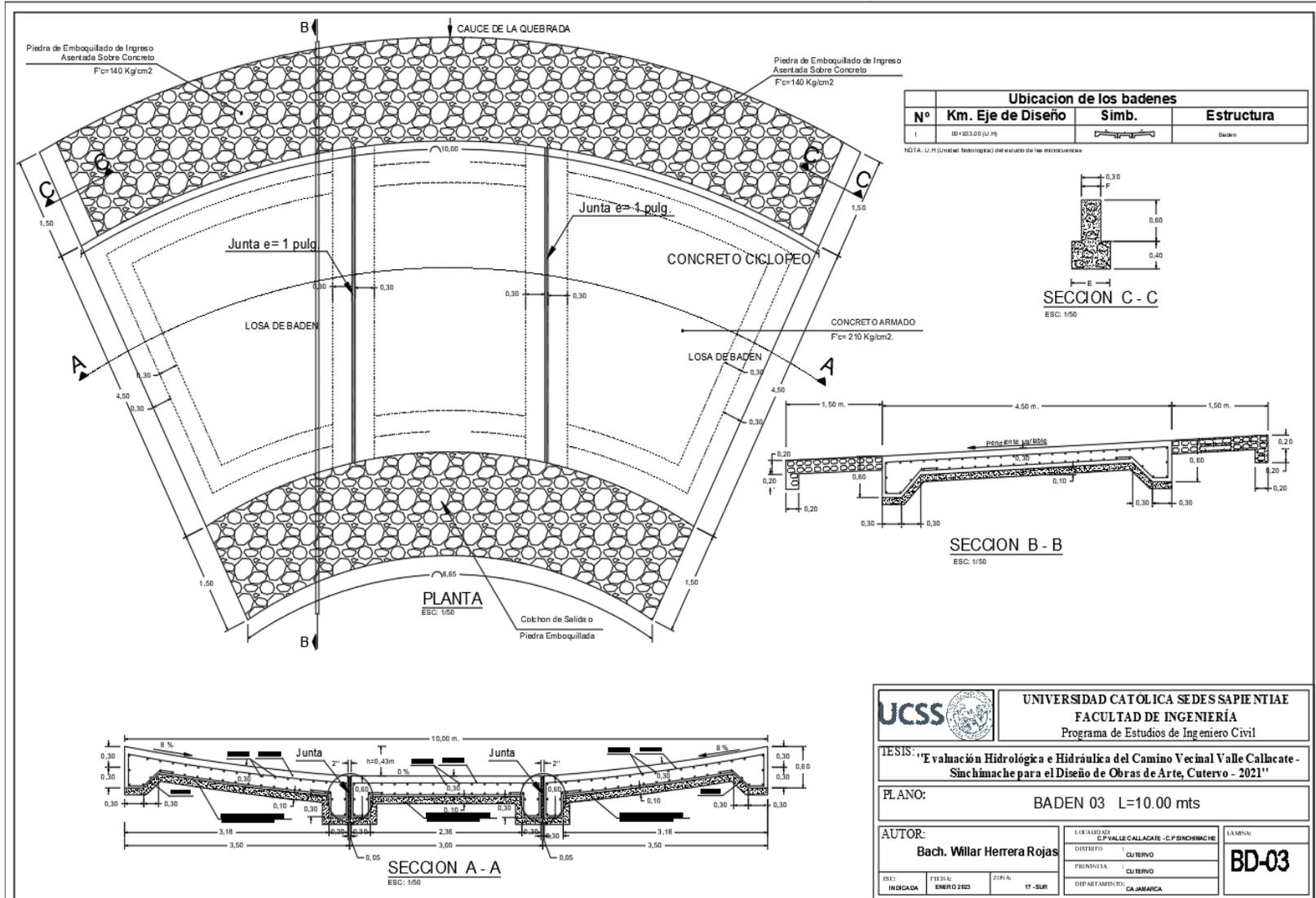
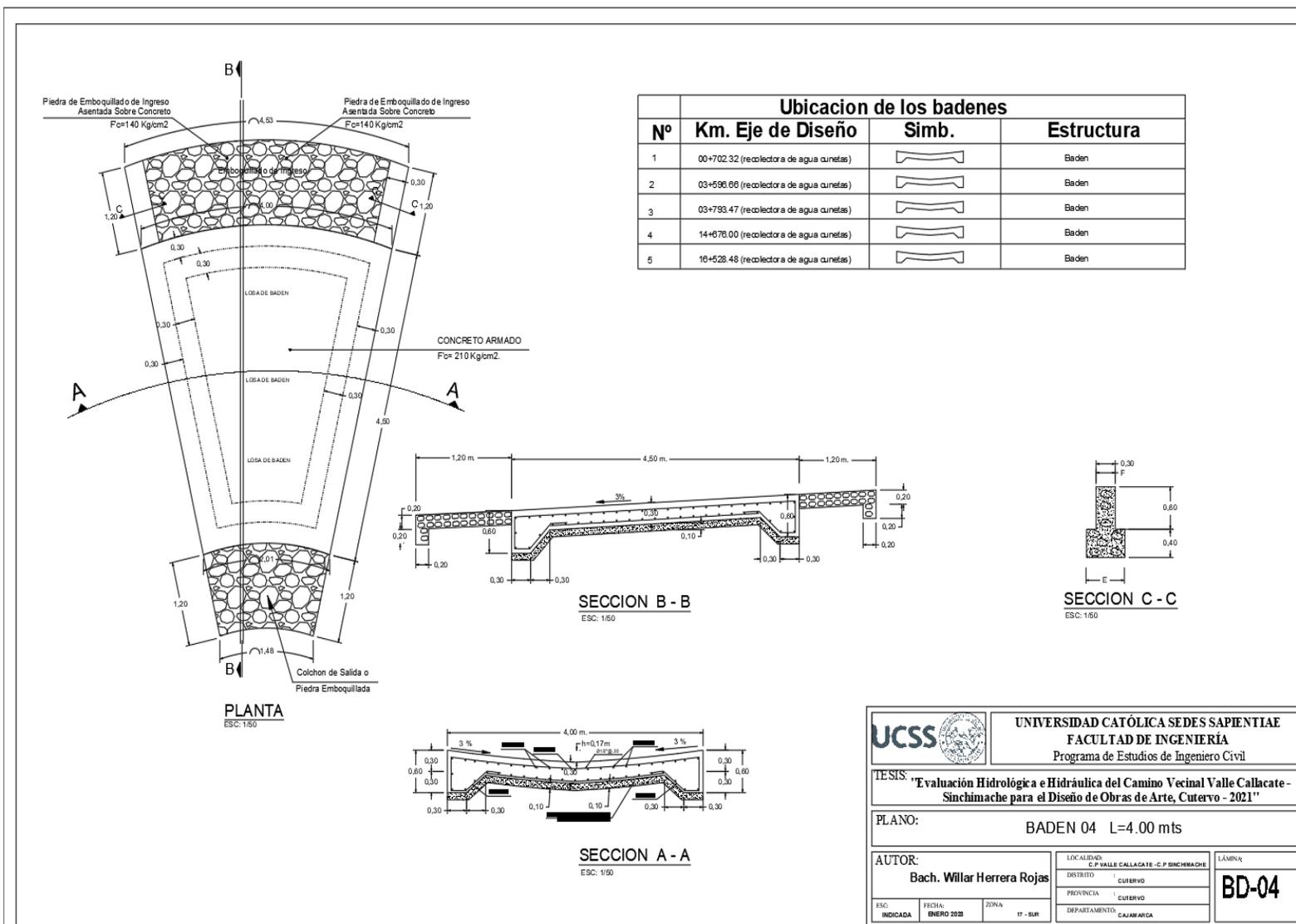


Figura 54

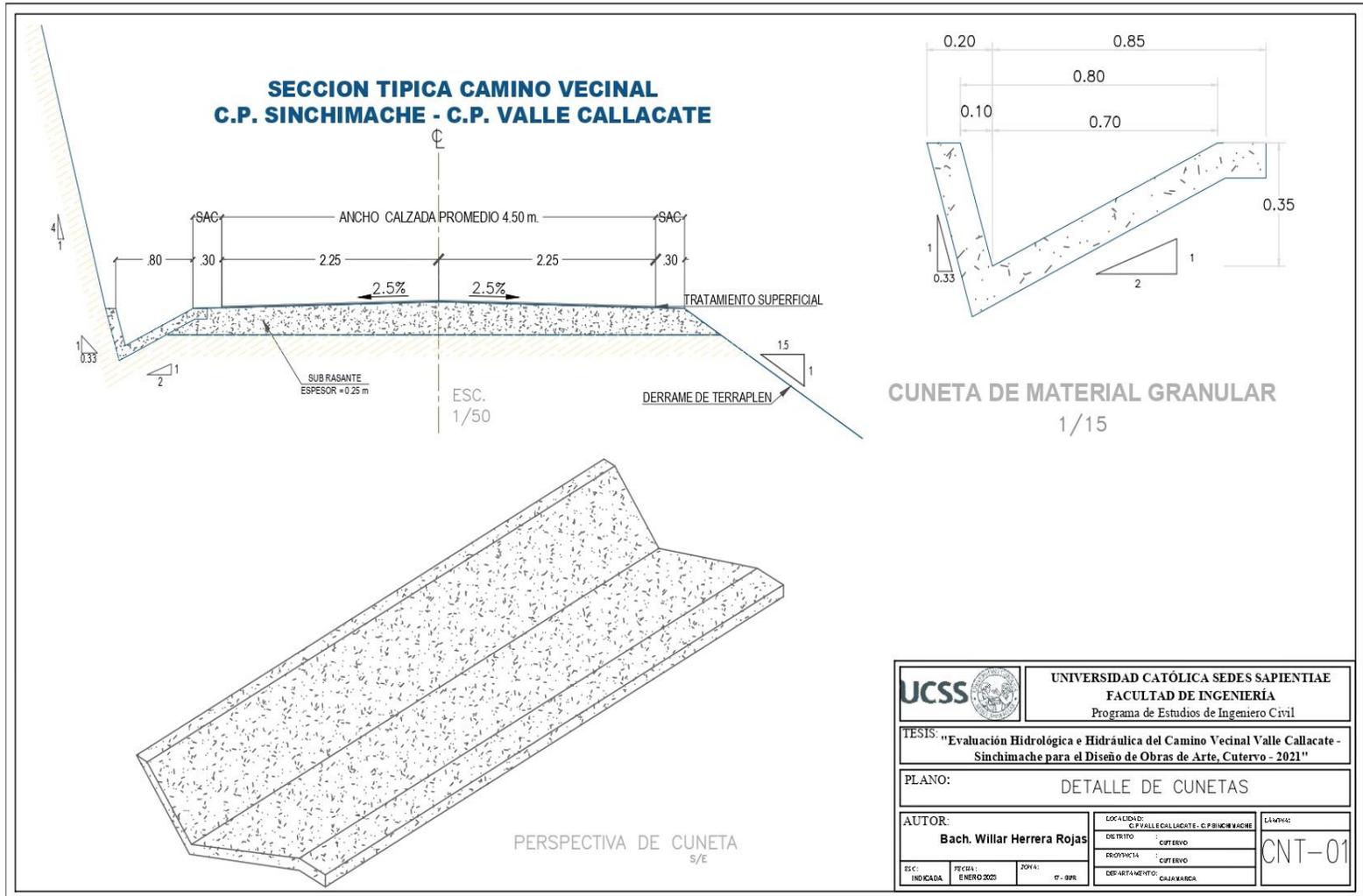
Plano Badén 04



	UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE FACULTAD DE INGENIERÍA Programa de Estudios de Ingeniero Civil	
	TESIS: "Evaluación Hidrológica e Hidráulica del Camino Vecinal Valle Callacate - Sinchimache para el Diseño de Obras de Arte, Cutervo - 2021"	
PLANO: BADEN 04 L=4.00 mts		
AUTOR: Bach. Willar Herrera Rojas		LOCALIDAD: C.P. VALLE CALLACATE - C.P. SINCHIMACHE DISTRITO: CUTERVO PROVINCIA: CUTERVO DEPARTAMENTO: CAJAMARCA
ESC. INDICADA: ENERO 2023	ZONA: 17 - SUR	LÁMINA: BD-04

Figura 55

Plano detalle de Cuneta



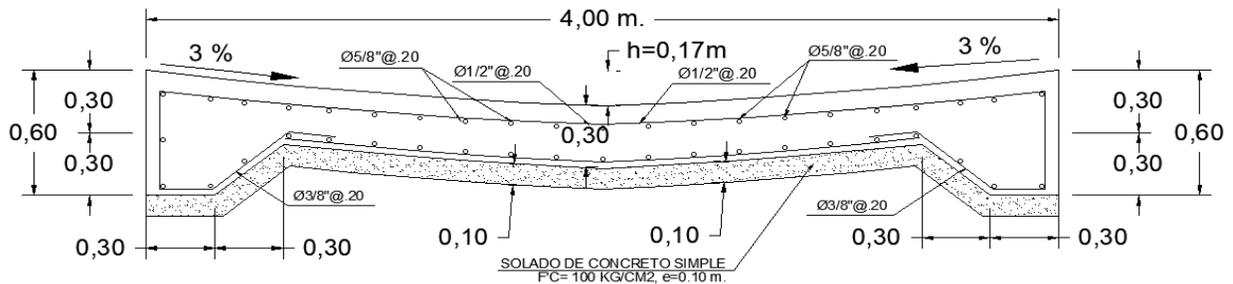
UCSS		UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE FACULTAD DE INGENIERÍA Programa de Estudios de Ingeniero Civil	
TESIS: "Evaluación Hidrológica e Hidráulica del Camino Vecinal Valle Callacate - Sinchimache para el Diseño de Obras de Arte, Cutervo - 2021"			
PLANO:		DETALLE DE CUNETAS	
AUTOR: Bach. Willar Herrera Rojas		LOCALIDAD: C.P. VALLE CALLACATE - C.P. SINCHIMACHE	CANTÓN: CUTERVO
REGIÓN: INDICADA	FECHA: ENERO 2022	DISEÑO: CUTERVO	CNT-01
		DEPARTAMENTO: CAJAMARCA	

Anexo 10: Cálculo estructural de badenes

Memoria de cálculo estructural (Log=4.00 mts)

Figura 57

Memoria de cálculo estructural (Log=4.00 mts) del anexo 10.



Nota. El cálculo estructural se propuso con concreto simple de $f_c = 100\text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 48

Datos para el cálculo estructural badenes (Log=4.00 mts) anexo 10

Consideraciones previas:	Símbolo	Valor	Unidades
Concreto	$f_c =$	210	Kg/cm^2
Acero corrugado	$f_y =$	4200	Kg/cm^2
Módulo de elasticidad	$E_c =$	217370	Kg/cm^2
Espesor de losa Badén	$h =$	30	cm
Peralte Efectivo de badén	$d =$	22.5	cm
Altura de Agua	$H =$	17	cm
Base (trabaja un metro)	$b =$	100	cm
	$P_e =$	2400	Kg/cm^2

Nota. Elaboración propia.

Metrado de carga sobre la losa

Carga muerta

✓ Pero propio de la losa (DC):

$$DC = 0,30 * 2400 \frac{1}{1000} = 0,72 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

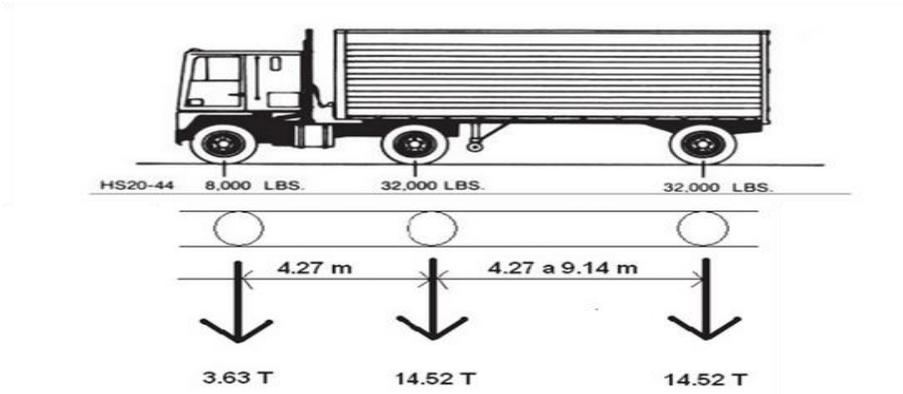
Carga viva

- ✓ Carga viva vehicular (LL):

Camion HS – 20 – 40

Figura 58

Metrado de la carga (Log=4.00 mts).



Nota. Soporte de carga de losa considerando la carga viva y muerta.

Carga dinámica

- ✓ Aplicado a los efectos del camión: $IM = 33\%$
- ✓ Factor de presencia múltiple: 1.00 (1 *via*)

Presión hidráulica

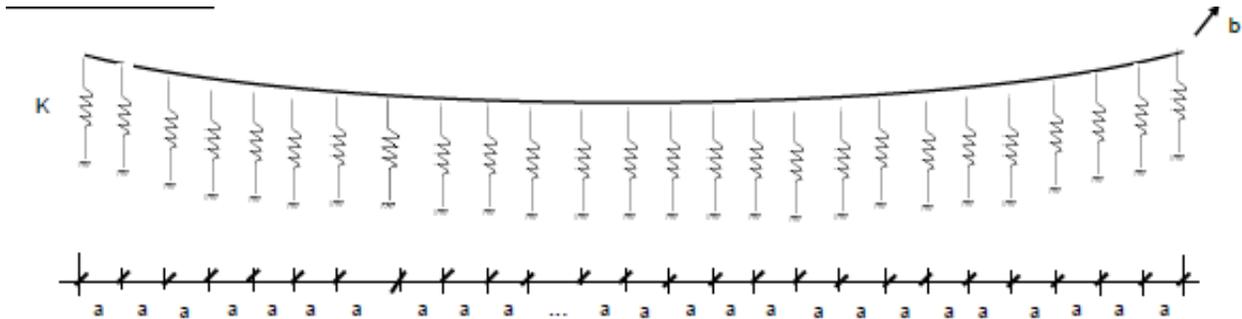
- ✓ Presiones del agua (W_a):
- ✓ Peso del agua:

$$W_a = P_{e. agua} * H = 0.17 \frac{Tn}{m^2}$$

Método de análisis:

Figura 59

Diseño con función elástica



Nota. Análisis de la elasticidad considerando su diseño.

- ✓ Coeficiente de balasto del suelo:

$$K_s = 10.00^6 \frac{kg}{m^3}$$

- ✓ Rigidez de resorte (suelo):

$$K = K_s * a * b$$

Diseño de concreto Armado

- ✓ Combinación en carga empleada: (Estado Límite: RESISTENCIA I --> AASHTO - LRFD).

Tabla 49

Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=4.00 mts)

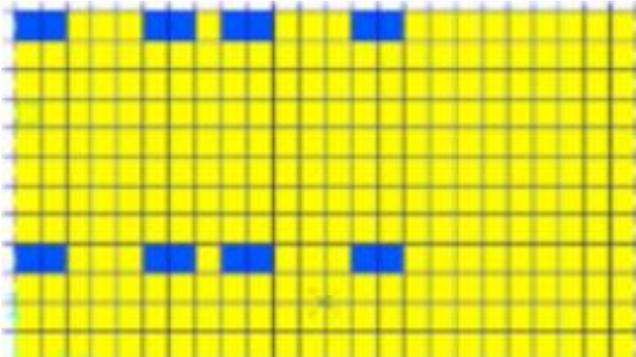
COMB. I	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL + WA]
COMB. II	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL]
COMB. III	Q =	1.047[0.90 DC + 1.75 LL]
COMB. ENVOLV	COMB I V =	COMB I + COMB II + COMB III

Nota. Las combinaciones se basan en el estado límite de Resistencia.

- ✓ Usando SAP2000 Distribución de la sobrecarga en la losa.

Figura 60

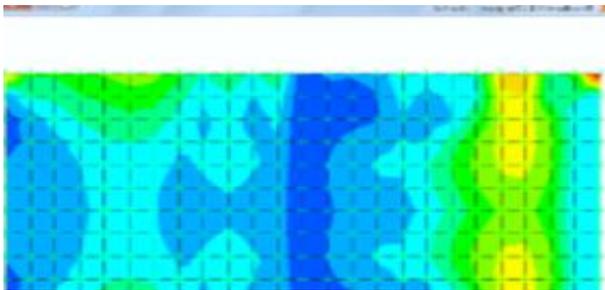
Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=4.00 mts)



Nota. Elaboración propia con SAP2000.

Figura 61

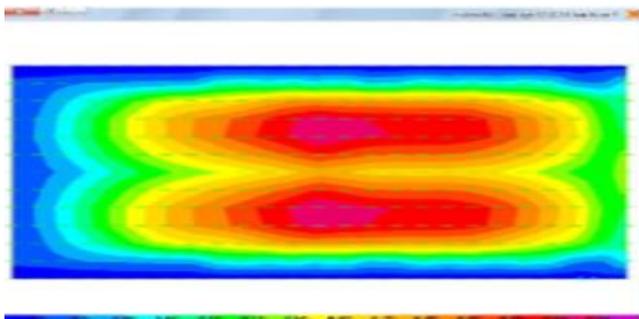
Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=4.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000. Flectores máximos positivos y negativos.

Figura 62

Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=4.00 mts).



Nota. Elaboración con SAP2000. El diagrama en flectores máximos positivos y negativos en paralelo al tráfico.

De acuerdo a las envolventes máximas se obtiene:

Tabla 50

Armadura longitudinal y transversal (Log=4.00 mts).

Longitudinal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm2	cm2	cm2	
(+) cara inferior	6.00	7.34	4.05	7.34	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.18	0.21	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Transversal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm2	cm2	cm2	
(+) cara inferior	5.50	6.70	4.05	6.70	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.60	0.71	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Nota. Los momentos máximos y mínimos M (t-m) se han obtenido literalmente del SAP2000. Armadura por envolventes máximas.

Tabla 51

Acero mínimo en losas (Log=4.00 mts).

Acero mínimo en losas	=	0.0018 x b x h
Cara Inferior	=	4.05 cm2
Cara Superior	=	4.05 Cm2

Nota. Elaboración propia.

✓ **Verificación del esfuerzo cortante**

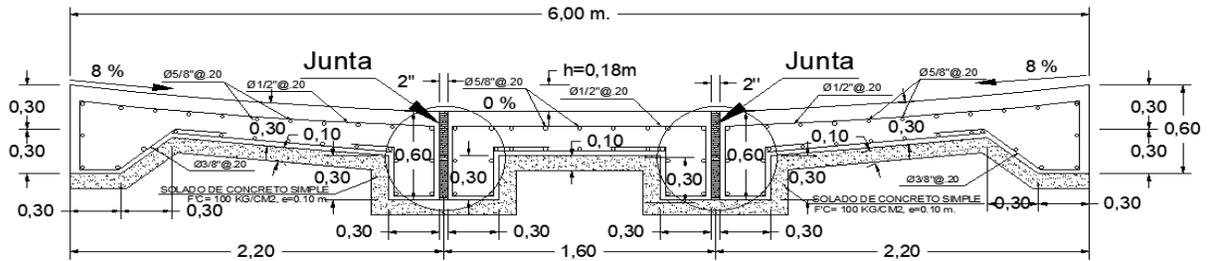
$$Vu = 9.34 Tn \quad Mu = 0.21 Tn - m$$

$$Vc = \phi * 0.5 * \sqrt{f_c} * b * t_d = 14.69 Tn \quad Vu < \phi * Vc: \mathbf{Ok}$$

Memoria de cálculo estructural (Log=6.00 mts)

Figura 63

Memoria de cálculo estructural (Log=6.00 mts) del anexo 10.



Nota. El cálculo estructural se propuso con concreto simple de $F'c=100 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 52

Datos para el cálculo estructural badenes (Log=6.00 mts) anexo 10

Consideraciones previas:	Símbolo	Valor	Unidades
Concreto	$f'c =$	210	Kg/cm ²
Acero corrugado	$f_y =$	4200	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	$E_c =$	217370	Kg/cm ²
Espesor de losa Baden	$h =$	30	cm
Peralte Efectivo de baden	$d =$	22.5	cm
Altura de Agua	$H =$	17	cm
Base (trabaja un metro)	$b =$	100	cm
	$P_e =$	2400	Kg/cm ²

Nota. Elaboración propia.

Metrado de carga sobre la losa

Carga muerta

✓ Pero propio de la losa (DC):

$$DC = 0.30 * 2400 \frac{1}{1000} = 0.72 \frac{Tn}{m^2}$$

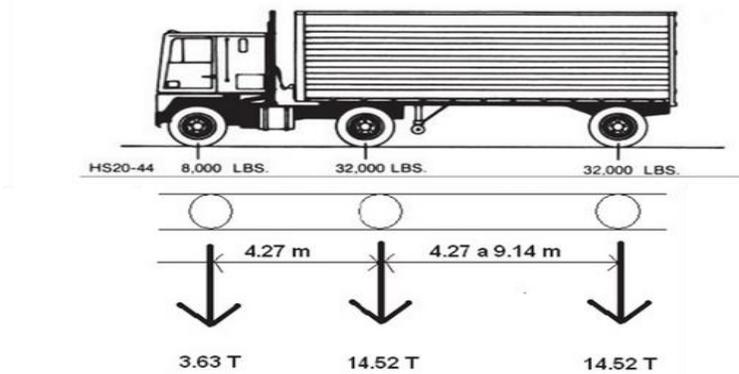
Carga viva

✓ Carga viva vehicular (LL):

Camion HS – 20 – 40

Figura 64

Metrado de la carga (Log=6.00 mts).



Nota. Soporte de carga de losa considerando la carga viva y muerta.

Carga dinámica

- ✓ Aplicado a los efectos del camión: $IM = 33\%$
- ✓ Factor de presencia múltiple: 1.00 (1 vía)

Presión hidráulica

- ✓ Presiones del agua (W_a):
- ✓ Peso del agua:

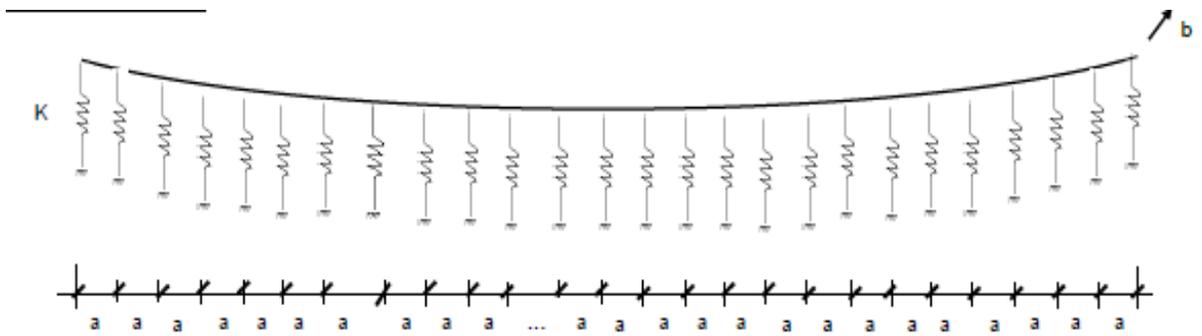
$$W_a = P_{e. agua} * H = 0.17 \frac{Tn}{m^2}$$

Método de análisis:

- ✓ Diseño con función elástica

Figura 65

Diseño con función elástica



Nota. Análisis de la elasticidad considerando su diseño.

- ✓ Coeficiente de balasto del suelo:

$$K_s = 10.00^6 \frac{kg}{m^3}$$

- ✓ Rigidez de resorte (suelo):

$$K = K_s * a * b$$

Diseño de concreto Armado

- ✓ Combinaciones de carga a emplear: (Estado Límite: RESISTENCIA I --> AASHTO - LRFD)

Tabla 53

Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=6.00 mts)

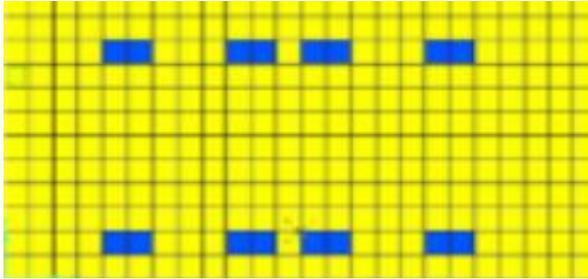
COMB. I	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL + WA]
COMB. II	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL]
COMB. III	Q =	1.047[0.90 DC + 1.75 LL]
COMB. ENVOLV	COMB I V =	COMB I + COMB II + COMB III

Nota. Las combinaciones se basan en el estado límite de Resistencia.

- ✓ Usando SAP2000 Distribución de la sobrecarga en la losa.

Figura 66

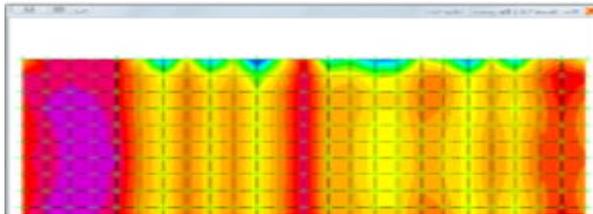
Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=6.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000.

Figura 67

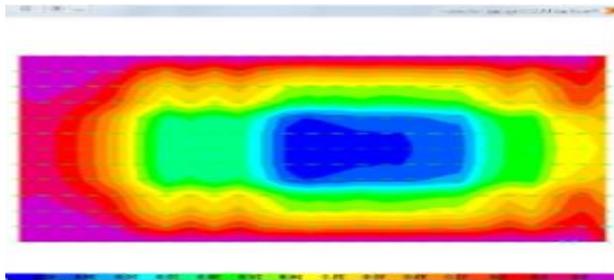
Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=6.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000. Flectores máximos positivos y negativos.

Figura 68

Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=6.00 mts).



Nota. Elaboración con SAP2000. Diagrama en flectores máximos positivos y negativos por refuerzo paralelo al tráfico.

✓ De acuerdo a las envolventes máximas se obtiene:

Tabla 54

Armadura longitudinal y transversal (Log=6.00 mts).

Longitudinal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm2	cm2	cm2	
(+) cara inferior	6.50	7.98	4.05	7.98	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.25	0.29	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Transversal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm2	cm2	cm2	
(+) cara inferior	5.13	6.24	4.05	6.24	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.76	0.90	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Nota. Los momentos máximos y mínimos M (t-m) se han obtenido literalmente del SAP2000. Armadura por envolventes máximas.

Tabla 55

Acero mínimo en losas (Log=6.00 mts).

Acero mínimo en losas	=	0.0018 x b x h
Cara Inferior	=	4.05 cm2
Cara Superior	=	4.05 Cm2

Nota. Elaboración propia.

✓ **Verificación del esfuerzo cortante**

$$Vu = 10.22 Tn \quad Mu = 0.23 Tn - m$$

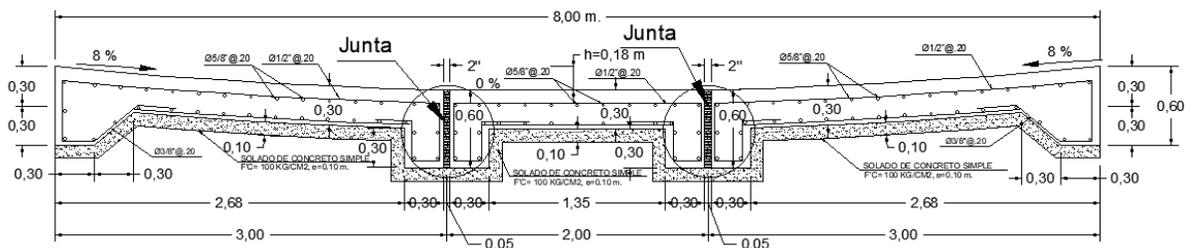
$$Vc = \phi * 0.5 * \sqrt{fc} * b * t_d = 14.69 Tn$$

$$Vu < \phi * Vc: \mathbf{Ok}$$

Memoria de cálculo estructural (Log=8.00 mts)

Figura 69

Memoria de cálculo estructural (Log=8.00 mts) del anexo 10.



Nota. El cálculo estructural se propuso con concreto simple de $F'c=100 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 56

Datos para el cálculo estructural badenes (Log=8.00 mts) anexo 10

Consideraciones previas:	Símbolo	Valor	Unidades
Concreto	$f'c =$	210	Kg/cm ²
Acero corrugado	$f_y =$	4200	Kg/cm ²
Módulo de elasticidad	$E_c =$	217370	Kg/cm ²
Espesor de losa Baden	$h =$	30	cm
Peralte Efectivo de baden	$d =$	22.5	cm
Altura de Agua	$H =$	18	cm
Base (trabaja un metro)	$b =$	100	cm
	$P_e =$	2400	Kg/cm ²

Nota. Elaboración Propia.

Metrado de carga sobre la losa

Carga muerta

✓ Pero propio de la losa (DC):

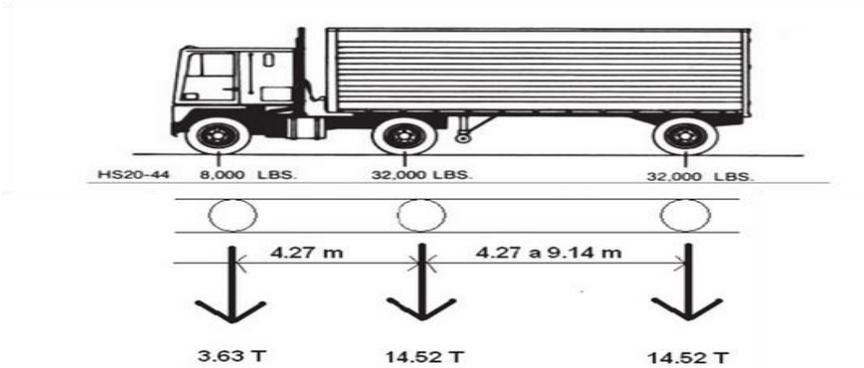
$$DC = 0.30 * 2400 \frac{1}{1000} = 0.72 \frac{Tn}{m^2}$$

Carga viva

✓ Carga viva vehicular (LL):

Figura 70

Metrado de la carga (Log=8.00 mts).



Nota. Soporte de carga de losa considerando la carga viva y muerta.

Carga dinámica

- ✓ Aplicado a los efectos del camión: $IM = 33\%$
- ✓ Factor de presencia múltiple: 1.00 (1 vía)

Presión hidráulica

- ✓ Presiones del agua (W_a):
- ✓ Peso del agua:

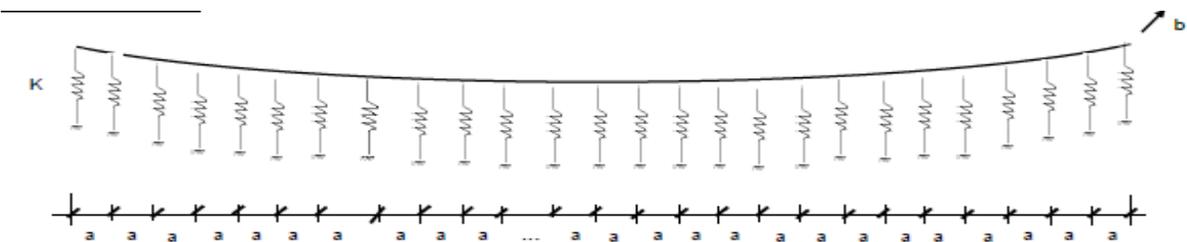
$$W_a = P_{e. agua} * H = 0.180 \frac{Tn}{m^2}$$

Método de análisis:

- ✓ Diseño con función elástica

Figura 71

Diseño con función elástica



Nota. Análisis de la elasticidad considerando su diseño.

- ✓ Coeficiente de balasto del suelo:

$$K_s = 10.00^6 \frac{kg}{m^3}$$

- ✓ Rigidez de resorte (suelo):

$$K = K_s * a * b$$

Diseño de concreto Armado

- ✓ Combinaciones de carga a emplear: (Estado Límite: RESISTENCIA I --> AASHTO - LRFD)

Tabla 57

Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=8.00 mts)

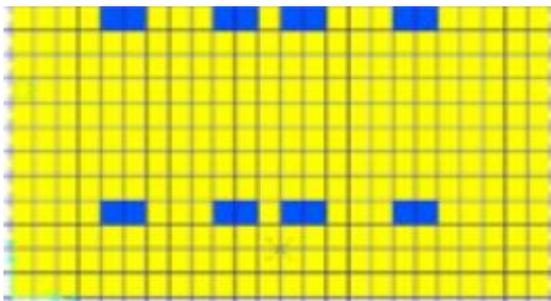
COMB. I	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL + WA]
COMB. II	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL]
COMB. III	Q =	1.047[0.90 DC + 1.75 LL]
COMB. ENVOLV	COMB I V =	COMB I + COMB II + COMB III

Nota. Las combinaciones se basan en el estado límite de Resistencia.

- ✓ Usando SAP2000 Distribución de la sobrecarga en la losa.

Figura 72

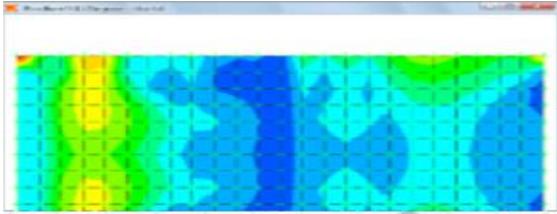
Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=8.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000.

Figura 73

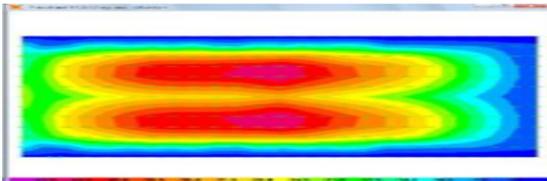
Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=8.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000. Flectores máximos positivos y negativos.

Figura 74

Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=8.00 mts).



Nota. Elaboración con SAP2000. Diagrama en flectores máximos positivos y negativos por refuerzo paralelo al tráfico.

✓ De acuerdo a las envolventes máximas se obtiene:

Tabla 58

Armadura longitudinal y transversal (Log=8.00 mts).

Longitudinal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm ²	cm ²	cm ²	
(+) cara inferior	6.87	8.45	4.05	8.45	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.17	0.19	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Transversal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm ²	cm ²	cm ²	
(+) cara inferior	5.45	6.64	4.05	6.64	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.54	0.64	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Nota. Los momentos máximos y mínimos M (t-m) se han obtenido literalmente del SAP2000. Armadura por envolventes máximas.

Tabla 59

Acero mínimo en losas (Log=8.00 mts).

Acero mínimo en losas	=	0.0018 x b x h
Cara Inferior	=	4.05 cm ²
Cara Superior	=	4.05 Cm ²

Nota. Elaboración propia.

✓ **Verificación del esfuerzo cortante**

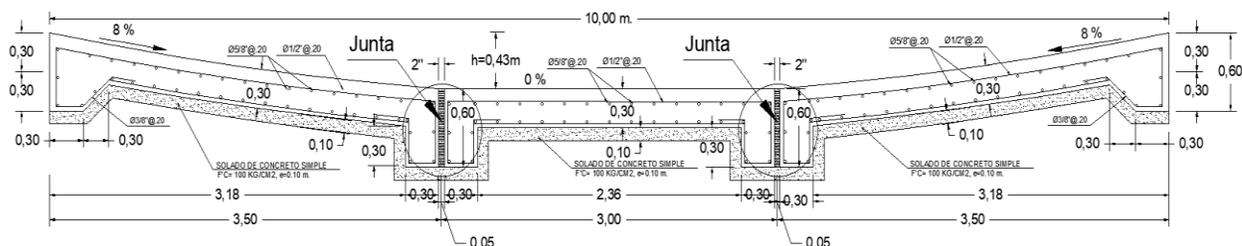
$$Vu = 8.10 Tn \quad Mu = 0.20 Tn - m$$

$$Vc = \phi * 0.5 * \sqrt{f_c} * b * t_d = 14.69 Tn \quad Vu < \phi * Vc: \mathbf{Ok}$$

Memoria de cálculo estructural (Log=10.00 mts)

Figura 75

Memoria de cálculo estructural (Log=10.00 mts) del anexo 10.



Nota. El cálculo estructural se propuso con concreto simple de $F'c=100 \text{ Kg/cm}^2$.

Tabla 60

Datos para el cálculo estructural badenes (Log=10.00 mts) anexo 10

Consideraciones previas:	Símbolo	Valor	Unidades
Concreto	$f'c =$	210	Kg/cm^2
Acero corrugado	$f_y =$	4200	Kg/cm^2
Módulo de elasticidad	$E_c =$	217370	Kg/cm^2
Espesor de losa Baden	$h =$	30	cm
Peralte Efectivo de baden	$d =$	22.5	cm
Altura de Agua	$H =$	43	cm
Base (trabaja un metro)	$b =$	100	cm
	$P_e =$	2400	Kg/cm^2

Nota. Elaboración Propia.

Metrado de carga sobre la losa

Carga muerta

- ✓ Pero propio de la losa (DC):

$$DC = 0.30 * 2400 \frac{1}{1000} = 0.72 \frac{\text{Tn}}{\text{m}^2}$$

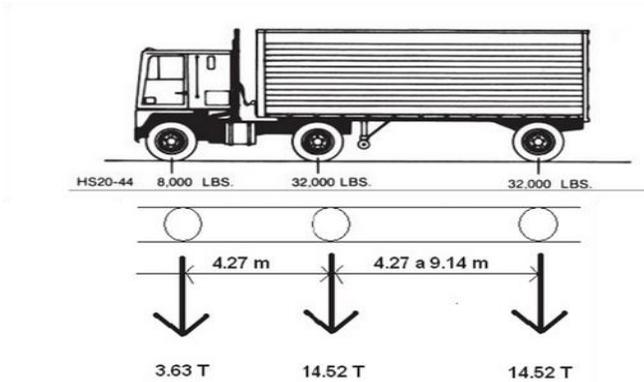
Carga viva

- ✓ Carga viva vehicular (LL):

Camion HS – 20 – 40

Figura 76

Metrado de la carga (Log=8.00 mts).



Nota. Soporte de carga de losa considerando la carga viva y muerta.

Carga dinámica

- ✓ Aplicado a los efectos del camión: $IM = 33\%$
- ✓ Factor de presencia múltiple: 1.00 (1 vía)

Presión hidráulica

- ✓ Presiones del agua (W_a):
- ✓ Peso del agua:

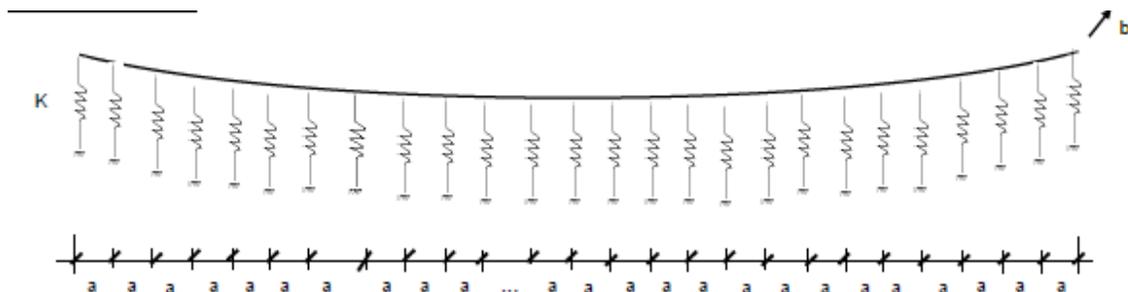
$$W_a = P_{e. agua} * H = 0.43 \frac{Tn}{m^2}$$

Método de análisis:

- ✓ Diseño con función elástica

Figura 77

Diseño con función elástica



Nota. Análisis de la elasticidad considerando su diseño.

- ✓ Coeficiente de balasto del suelo:

$$K_s = 10.00^6 \frac{kg}{m^3}$$

- ✓ Rigidez de resorte (suelo):

$$K = K_s * a * b$$

Diseño de concreto Armado

- ✓ Combinaciones de carga a emplear: (Estado Límite: RESISTENCIA I --> AASHTO - LRFD).

Tabla 61

Diseño de concreto armado en base a las diferentes combinaciones (Log=8.00 mts)

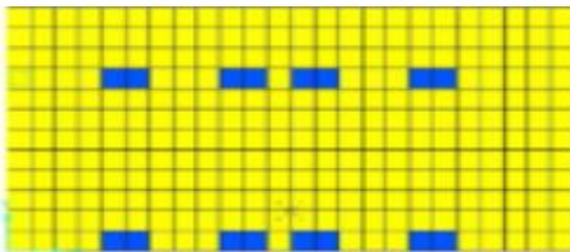
COMB. I	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL + WA]
COMB. II	Q =	1.047[1.25 DC + 1.75 LL]
COMB. III	Q =	1.047[0.90 DC + 1.75 LL]
COMB. ENVOLV	COMB I V =	COMB I + COMB II + COMB III

Nota. Las combinaciones se basan en el estado límite de Resistencia.

- ✓ Usando SAP2000 Distribución de la sobrecarga en la losa.

Figura 78

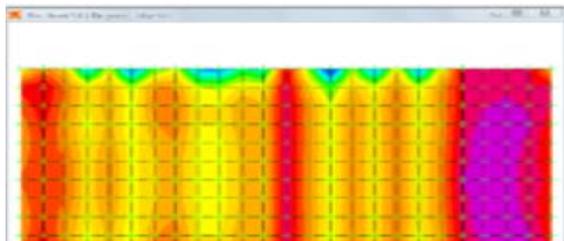
Diseño de distribución de sobrecarga en la losa (Log=10.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000.

Figura 79

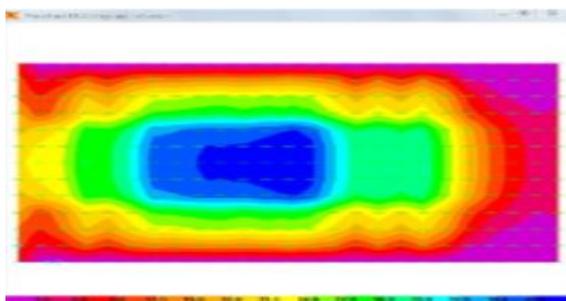
Diagrama en flectores máximos por sobrecarga (Log=10.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000. Flectores máximos positivos y negativos

Figura 80

Diagrama en flectores máximos por refuerzo (Log=10.00 mts)



Nota. Elaboración con SAP2000. Diagrama en flectores máximos positivos y negativos por refuerzo.

De acuerdo a las envolventes máximas se obtiene:

Tabla 62

Armadura longitudinal y transversal (Log=10.00 mts).

Longitudinal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm ²	cm ²	cm ²	
(+) cara inferior	7.77	9.62	4.05	9.62	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.20	0.24	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20
Transversal	M	As	As mín.	As diseño	Usaremos
Unidades	Tn-m	cm ²	cm ²	cm ²	
(+) cara inferior	6.75	8.30	4.05	8.30	Ø 5/8" @ .20
(-) cara superior	0.68	0.80	4.05	4.05	Ø 3/8" @ .20

Nota. Los momentos máximos y mínimos M (t-m) se han obtenido literalmente del SAP2000. Armadura acorde a las envolventes máximas.

Tabla 63

Acero mínimo en losas (Log=10.00 mts).

Acero mínimo en losas	=	0.0018 x b x h
Cara Inferior	=	4.05 cm ²
Cara Superior	=	4.05 Cm ²

Nota. Elaboración Propia.

✓ **Verificación del esfuerzo cortante**

$$Vu = 8.81 Tn \quad Mu = 0.18 Tn - m$$

$$Vc = \phi * 0.5 * \sqrt{f_c} * b * t_d = 14.69 Tn \quad Vu < \phi * Vc: \mathbf{Ok}$$

Anexo 11: Cálculo estructural alcantarillas

CÁLCULO DE ALCANTARILLAS TIPO TMC Ø 48"

I.-NORMATIVA DE DISEÑO

Se han diseñado las alcantarillas de acuerdo al Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products (reconocido por la AASHTO).

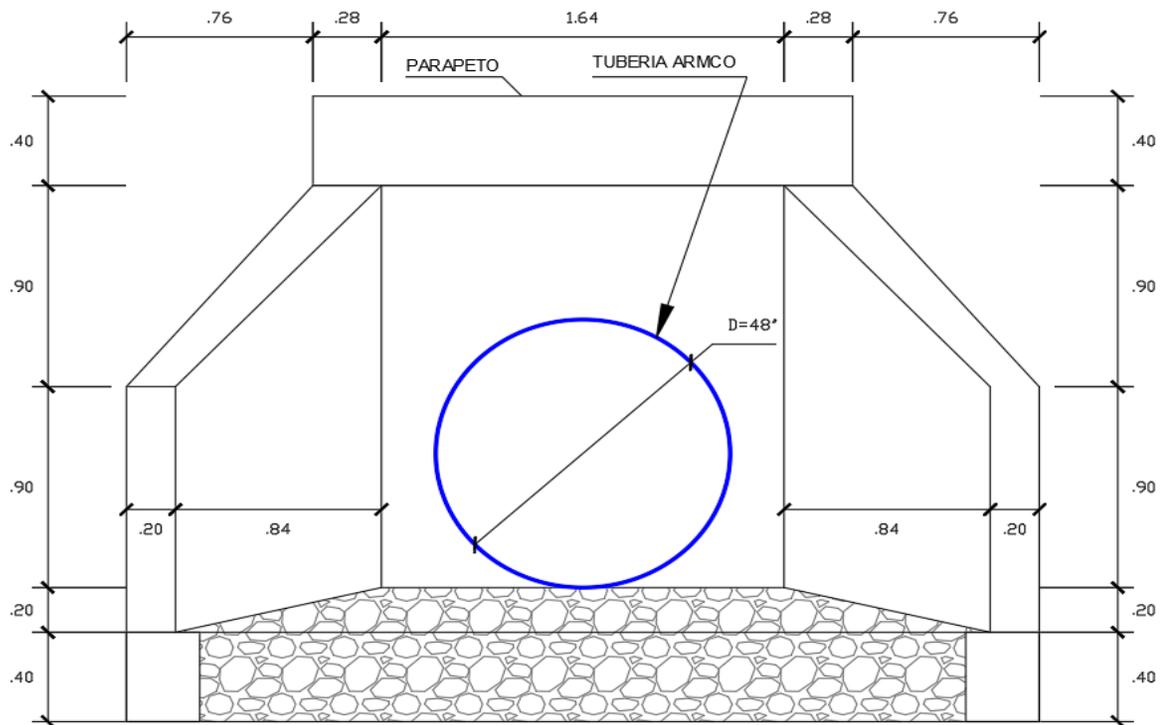
II.- METODO

Para cabezales de concreto se utiliza el LRFD (Diseño por Factores de Carga y Resistencia). Para Alcantarillas TMC metálica se utiliza el CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

III.-GEOMETRIA

Figura 81

Forma geométrica de la alcantarilla TMC 48"



Nota. Elaboración propia.

Tabla 64*Parámetros para alcantarillas tipo TMC Ø 48"*

γ_r	= 2.40 Tn/m ³	2.40 KN/m ³	Peso específico del relleno	KN/m ³
S/C	= 86 KPa	15.00 KN/m ³	S/C de diseño	H-20/H-25
H	= 0.30 m		Altura de relleno	m
f_c	= 210 kg/cm ²		Concreto	
f_y	= 4200 kg/cm ²		Acero	
A	= 1.13 m ²		Area	
R. min	= 0.30 m		Relleno mínimo	
R. max	= 16.40 m		Relleno máximo	
f_b	= 230 MPa		Esfuerzo de compresión final	MPa
K	= 1.00		Factor de carga	
D	= 48 "	1200.00 mm	Diámetro	mm
h_{min}	= 0.30 m		Altura mínima de relleno	m
δ	= 25°		Angulo de fricción entre relleno y muro	
ξ	= 1:1		Inclinación del material de relleno	
i	= 1.5		Inclinación del terreno	
	= 30°		Angulo de fricción interna del suelo	
ϕ	= 025°		Angulo inclinación del suelo	

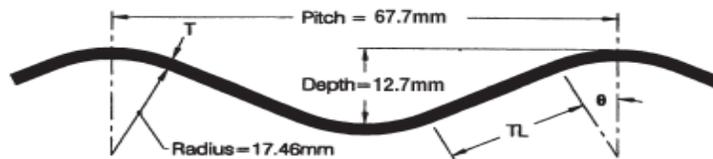
Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

IV.- VERIFICACIÓN DE TUBO TMC 48" APLICANDO EL CSPI_HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION PRODUCTS.

Figura 82

Propiedades de diseño de sección para hoja CSP corrugada.

Table 2.3 Section design properties for corrugated CSP sheet
Corrugation profile: **68 x 13 mm** (annular or helical)



Wall Thickness		Area	Tangent Length	Tangent Angle	Moment of Inertia	Section Modulus	Radius of Gyration	Developed Width Factor
Specified	Design							
T	T	A	TL	θ	I	S	r	WF
mm	mm	mm ² /mm	mm	Degrees	mm ⁴ /mm	mm ³ /mm	mm	*
1.3	1.120	1.209	19.759	26.647	22.61	3.27	4.324	1.079
1.6	1.400	1.512	19.578	26.734	28.37	4.02	4.332	1.080
2.0	1.820	1.966	19.304	28.867	37.11	5.11	4.345	1.080
2.8	2.640	2.852	18.765	27.136	54.57	7.11	4.374	1.080
3.5	3.350	3.621	18.269	27.381	70.16	8.74	4.402	1.081
4.2	4.080	4.411	17.755	27.643	86.71	10.33	4.433	1.081

*WF is the ratio of the flat sheet width to the corrugated sheet width.
NOTE: Dimensions are subject to manufacturing tolerances.

ESPACIAMIENTO MÍNIMO ENTRE TUBERÍAS MÚLTIPLES		
Estructura	Díámetro ó Luz	Espaciamiento Mínimo entre tuberías "S"
	Hasta 60 cm 60 a 180 cm 180 ó más	0.30 cm 1/2 diámetro 90 cm
	Hasta 60 cm 60 a 275 cm 275 a 480 cm	30 cm 1/3 luz 90 cm

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 34.

Tabla 65

Diseño de alcantarillas tipo TMC Ø 48"

Luz (m)	Área (m ²)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura mínima de cobertura (m)	Altura máxima de cobertura (m)	Pendiente longitudinal (%)	Q max: 93.8% Diam (m ³ /seg)
0.60	0.28	1.80	39.98	0.30	17.80	2.00	0.51
0.90	0.64	2.00	58.25	0.30	16.40	2.00	1.50
1.20	1.13	2.50	93.68	0.30	15.90	2.00	2.94
1.50	1.77	3.00	137.13	0.30	15.80	2.00	5.80
1.80	2.54	3.30	178.84	0.30	14.80	2.00	9.50

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

4.2. Propiedades mecánicas de la Alcantarilla TMC 48"

Figura 83

Propiedades de corrugación y acero (TMC 48")

MATERIALS

Steel and Corrugation Properties

Mechanical properties of sheet and plate for structural plate corrugated steel pipe, and deep corrugated structural plate products are provided in Table 6.1.

Section properties for corrugated steel pipe, spiral rib pipe and structural plate corrugated steel pipe products are given in Table 6.2 and Table 6.3.

Ultimate seam strengths for riveted CSP, structural plate CSP, deep corrugated structural plate are provided in Tables 6.4a through 6.4d.

Table 6.1 Mechanical properties of sheet and plate for structural plate products

Steel	Min Tensile Strength, MPa	Min Yield Strength, MPa	Min Elongation in 50 mm	Modulus of Elasticity, MPa
SPCSP	290	195	30%	200×10^3
DCSP	380	275	25%	200×10^3

Note: These mechanical properties are for virgin material prior to corrugating and galvanizing and are conducted in accordance with the requirements of ASTM Standard A370. Corrugated steel with mechanical properties greater than the minimum requirements may be used. The minimum yield strength used for design shall be 230 MPa for structural plate and 300 MPa for deep corrugated structural plate, which shall be achieved through cold working.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 218.

5.1 Cargas de Diseño

Figura 84

Cargas (TMC 48")

Loads

Underground conduits are subject to two principal kinds of loads:

1. Dead loads developed by the trench backfill above, and stationary superimposed uniform or concentrated surface loads; and
2. Live loads caused by temporary moving loads, including impact.

Dead Loads

The dead load is considered to be the soil prism over the pipe:

$$DL = \gamma H$$

where: DL = unit pressure of a soil prism acting on the horizontal plane at the top of the pipe, kPa
 γ = unit weight of the soil, kN/m³
H = height of cover over the pipe, m

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 222.

5.2. Cálculo del Dead Loads Developed/Presión de Diseño (DL)

DL	=	4.50 KPa
LL	=	86.00 KPa

$P_v = K (DL + LL), \text{ Cuando } H \geq S$ $P_v = (DL + LL), \text{ Cuando } H < S$

5.3 Cálculo del Live Load (LL) Carga Vehicular

Figura 85

Cargas vivas (TMC 48")

Live Loads

The live load (LL) is that portion of the weight of vehicles, trains, or aircraft moving over the pipe, that is distributed through the soil to the pipe. Live loads are greatest when the height of cover over the top of the pipe is small and decrease as the fill height increases.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 222.

Para el diseño se empleó la carga vehicular el HS-20

Figura 86

Cargas vivas de carreteras y ferrocarriles (TMC 48")

Table 6.8 Highway and railway live loads (LL)¹

Depth of Cover, m	Highway Loading			Railway Loading	
	LL Pressure, KPa			Depth of Cover, m	LL Pressure, KPa
	CL-625 ²	H-20 ³	H-25 ³		E-80
0.30	61	86	109	0.6	182
0.50	46	56	75	1.0	147
0.75	34	34	46	1.2	133
1.00	26	25	31	1.5	115
1.25	20	17	22	2.0	91
1.50	16	13	16	3.0	53
1.75	14	10	12	4.0	34
2.00	12	8	10	6.0	15
2.25	11	6	8	8.0	7
2.50	10	5	6	9.0	5
2.75	9	-	5		
3.00	8	-	-		
3.50	7	-	-		
4.00	6	-	-		
4.50	5	-	-		

Notes: 1. Neglect live load when less than 5 kPa; use dead load only.
2. Load distribution through soil according to CAN/CSA-S6-06 (unfactored $c_u m_s$, including dynamic load allowance). Note that there is a separate vehicle for Ontario, in which the axles are heavier.
3. Load distribution through soil according to ASTM traditional method (including impact).

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products página 223.

$$LL = 86.00 \text{ KPa}$$

5.4 Diseño por presión

Figura 87

Diseño de presión (TMC 48")

3. Design Pressure

When the height of cover is equal to or greater than the span or diameter of the structure, the load factor chart, Figure 6.5, is used to determine the percentage of the total load acting on the pipe. For routine use, the 85% Standard Proctor Density soil value will result in a factor of 0.86. The load factor, K, is applied to the total load to obtain the design pressure, P_v , acting on the pipe. If the height of cover is less than one pipe diameter, the total load is assumed to act on the pipe ($K = 1.0$).

The load on the pipe becomes:

$$P_v = K (DL + LL), \text{ when } H \geq S$$
$$P_v = (DL + LL), \text{ when } H < S$$

where: P_v = design pressure, kPa
K = load factor
DL = dead load, kPa
LL = live load, kPa
H = height of cover, m
S = span or diameter, m

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 226.

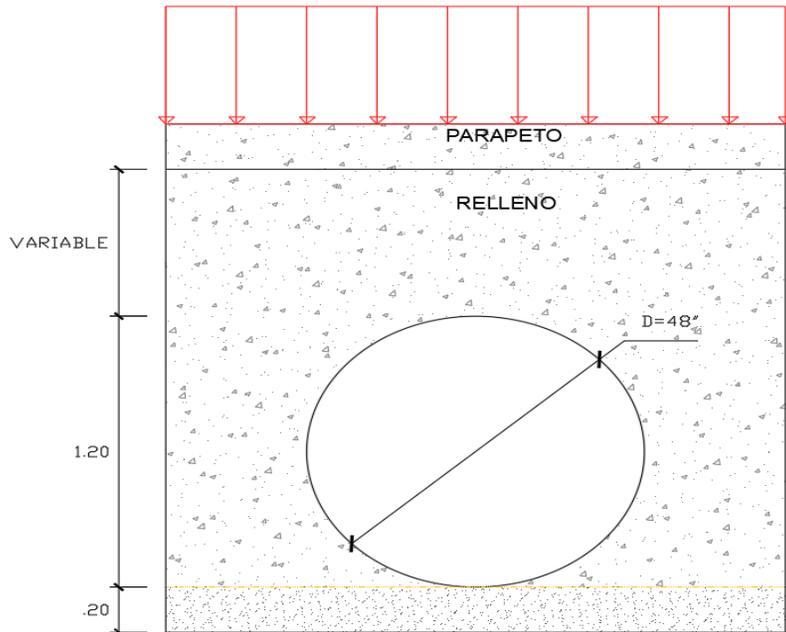
$$P_v = 90.50 \text{ KPa}$$

5.5 Diseño por compresión en el anillo

Relleno con material granular bien graduado, libre de piedras mayores de 75mm y de material orgánico, se compacta en capas de 15 cm alternadamente, hasta alcanzar la densidad de 90% según la norma AASHTO T-99.

Figura 88

Relleno granular para diámetro de 48"



Nota. Relleno contemplado para un diámetro de 48" según norma AASHTO T-99.

Figura 89

Anillo de compresión.

4. Ring Compression

The compressive thrust in the pipe wall is equal to the radial pressure acting on the wall multiplied by the wall radius, or:

$$C = P \cdot R$$

This thrust, called ring compression, is the force carried by the pipe wall. The ring compression force acts tangentially to the pipe wall. For conventional structures in which the top arc approaches a semicircle, it is convenient to substitute half the span for the wall radius.

$$\text{Then: } C = P_v \cdot \frac{S}{2}$$

where: C = ring compression, kN/m
 P_v = design pressure, kPa
 S = span or diameter, m

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 227.

5.6 Tensión de Compresión Admisible

Figura 90

Tensión de Compresión

5. Allowable Wall Stress

The ultimate compressive stress, f_b , for corrugated steel structures with backfill compacted to 85% Standard Proctor Density and a yield strength of 230 MPa, are shown in Figure 6.6. The ultimate compression in the pipe wall is expressed by the following equations which represent the three behavioural zones that all pipes would be expected to be governed by. The first is the specified yield strength of the steel, which represents the *zone of wall crushing or yielding*. The second represents the *interaction zone of yielding and ring buckling*. The third represents the *ring buckling zone*.

$$f_b = f_y = 230, \text{ when } \frac{D}{r} < 294$$

$$f_b = 279.6 - (574.3 \times 10^{-6}) \left(\frac{D}{r}\right)^2, \text{ when } 294 \leq \frac{D}{r} \leq 500$$

$$f_b = \frac{(34 \times 10^6)}{\left(\frac{D}{r}\right)^2}, \text{ when } \frac{D}{r} > 500$$

where: f_b = ultimate compressive stress, MPa
 f_y = yield strength, MPa
 D = diameter or span, mm
 r = radius of gyration of the pipe wall (see Tables 6.2 or 6.3), mm

A factor of safety of 2 is applied to the ultimate wall stress to obtain the allowable stress, f_c :

$$f_c = \frac{f_b}{2}$$

$$f_c = \frac{f_b}{2}$$

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 227.

f_c = 115.00 MPa
 r = 4.345mm
 D/r = 276.18
 $D/r < 294.00$ por lo tanto $f_y=f_b= 230$ MPa

5.7 Espesor de Pared

Figura 91

Tensión de Compresión

6. Wall Thickness

A required wall area, A , is computed using the calculated compression in the pipe wall, C , and the allowable stress, f_c .

$$A = \frac{C}{f_c}$$

where: A = required area in the pipe wall, mm²/mm
 C = ring compression, kN/m
 f_c = allowable stress, MPa

$$A = \frac{C}{f_c}$$

From Table 6.2 or 6.3, select the wall thickness that provides the required area. The properties used in steps 5 and 6 (r , A) must be for the same corrugation.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 229.

A	=	0.472 mm ² /mm	
t	=	1.00 mm	POR TABLAS
Corrugación	=	63 x 13 mm	= 2 2/3 x 1/2" POR TABLAS
A	=	0.830 mm ² /mm	POR TABLAS

Sí utilizamos de 2mm de espesor se tiene un área de 1.966/mm² tabla 6.2.

Corrugación de 68x13, con un espesor de 1.6mm por condiciones de rigidez pasa, pero por razones comerciales se tomará 2mm.

Figura 92

Información de la Tabla 6.2. y Tabla 6.3 TMC 48''.

Table 6.2 Section properties for corrugated steel pipe, spiral rib pipe and structural plate corrugated steel pipe products

Corrugation profile, mm	Specified Thickness, mm											
	1.0	1.3	1.6	2.0	2.8	3.0	3.5	4.0	4.2	5.0	6.0	7.0
Moment of Inertia, I, mm ⁴ /mm												
38x6.5	3.70	5.11	6.46	8.58								
68x13	16.49	22.61	29.37	37.11	54.57		70.16		86.71			
76x25	75.84	103.96	130.40	170.40	249.73		319.77		383.12			
125x25			133.30	173.72	253.24		322.74		394.84			
152x51						1057.25	1457.56		1967.12	2278.31	2675.11	
19x19x190*		58.83	77.67	117.17								
Cross-sectional Wall Area, A, mm ² /mm												
38x6.5	0.896	1.187	1.484	1.929								
68x13	0.885	1.209	1.512	1.966	2.852		3.621		4.411			
76x25	1.016	1.389	1.736	2.259	3.281		4.169		5.084			
125x25			1.549	2.014	2.923		3.711		4.521			
152x51						3.522	4.828		6.149	7.461	8.712	
19x19x190*		1.082	1.513	2.523								
Radius of Gyration, r, mm												
38x6.5	2.063	2.075	2.087	2.109								
68x13	4.316	4.324	4.332	4.345	4.374		4.402		4.433			
76x25	8.639	8.653	8.666	8.685	8.724		8.758		8.794			
125x25			9.277	9.287	9.308		9.326		9.345			
152x51						17.326	17.375		17.425	17.475	17.523	
19x19x190*		7.375	7.164	6.815								

* Ribbed pipe. Properties are effective values.

Table 6.3 Section properties for deep corrugated structural plate products

Type I: 381 x 140 mm corrugation profile				
Specified Thickness, mm	Moment of Inertia, I, mm ⁴ /mm	Area, A, mm ² /mm	Radius of Gyration, r, mm	Plastic Section Modulus, Z, mm ³ /mm
2.81	9096.2	3.720	49.45	165.25
3.53	11710.7	4.783	49.48	212.67
4.27	14333.9	5.846	49.51	260.15
4.79	16039.0	6.536	49.53	291.03
5.54	18743.3	7.628	49.57	339.93
6.23	21445.9	8.716	49.60	388.77
7.11	24164.6	9.808	49.63	437.85
Type II: 400 x 150 mm corrugation profile				
Specified Thickness, mm	Moment of Inertia, I, mm ⁴ /mm	Area, A, mm ² /mm	Radius of Gyration, r, mm	Plastic Section Modulus, Z, mm ³ /mm
4.3	16186	5.792	52.86	273.62
5.0	19060	6.811	52.90	322.05
6.0	23154	8.260	52.95	391.01
7.0	27071	9.640	52.99	456.91
8.0	30759	10.935	53.04	518.88

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

4.5 Verificación de Rigidez

Figura 93

Verificación de la rigidez

7. Handling Stiffness

Minimum pipe stiffness requirements, for practical handling and installation without the need for special shape control measures, have been established through experience and have been formulated. The resultant flexibility factor, FF, limits the size of pipe for each combination of corrugation and metal thickness.

$$FF = \frac{D^2}{EI}$$

where: E = modulus of elasticity = 200×10^3 MPa
 D = diameter or span, mm
 I = moment of inertia of the pipe wall (see Tables 6.2 or 6.3), mm⁴/mm

Recommended maximum allowable values of FF for ordinary round and underpass pipe installations are as follows:

68 x 13 mm corrugation,	FF ≤ 0.245 mm/N
125 x 25 mm corrugation,	FF ≤ 0.188 mm/N
76 x 25 mm corrugation,	FF ≤ 0.188 mm/N
152 x 51 mm corrugation,	FF ≤ 0.114 mm/N

$$FF = D^2 / E * I \leq 0.25$$

The maximum allowable values of FF for pipe-arch and arch shapes are increased as follows:

Pipe-Arch	FF ≤ 1.5 x FF shown for round pipe
Arch	FF ≤ 1.5 x FF shown for round pipe

Higher values can be used with special care or where experience suggests a higher value is appropriate. Trench conditions, as in the case of storm sewer design, is one example where higher allowable values are appropriate. Aluminum pipe experiences are another. For example, the flexibility factor permitted for aluminum pipe in some specifications is more than twice that recommended above for steel. This has come about because aluminum has only one-third the stiffness of steel, the modulus of elasticity for aluminum being approximately 67×10^3 MPa compared to 200×10^3 MPa for steel. Where this degree of flexibility is acceptable in aluminum, it will be equally acceptable in steel.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

E	=	200 x10 ³ Mpa	Módulo de Elasticidad
I	=	37.110 mm ⁴ /mm	POR TABLAS
FF	=	.194 mm	
FF	=	Acceptable	

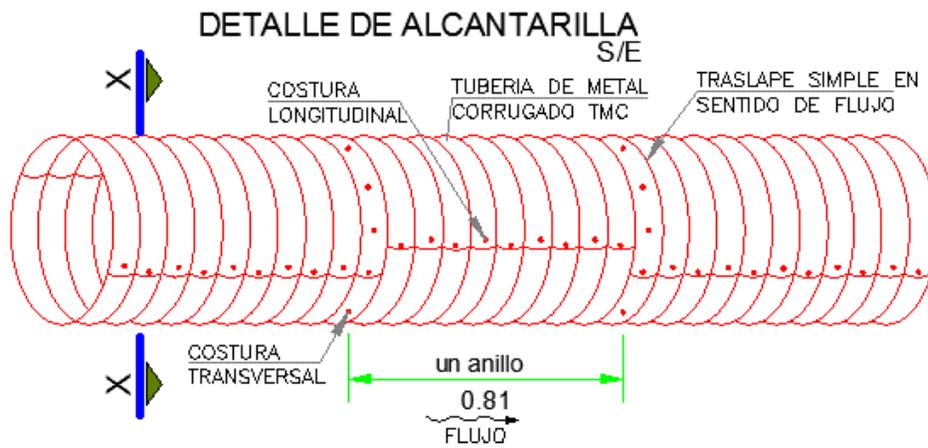
4.60 . Solución

Tubo Ø	48"
Utilizamos	2 mm

V.- DETALLES

Figura 94

Detalles de la alcantarilla TMC 48''



Nota. Elaboración propia.

Tabla 66*Parámetros para alcantarillas tipo TMC Ø 60"*

γ_r	= 2.40 Tn/m ³	2.40 KN/m ³	Peso específico del relleno	KN/m ³
S/C	= 86 KPa	15.00 KN/m ³	S/C de diseño	H-20/H-25
H	= 0.30 m		Altura de relleno	m
fc	= 210 kg/cm ²		Concreto	
fy	= 4200 kg/cm ²		Acero	
A	= 1.13 m ²		Área	
R. min	= 0.30 m		Relleno mínimo	
R. max	= 15.90 m		Relleno máximo	
fb	= 230 MPa		Esfuerzo de compresión final	MPa
K	= 1.00		Factor de carga	
D	= 60 "	1200.00 mm	Díámetro	mm
h _{min}	= 0.30 m		Altura mínima de relleno	m
δ	= 25°		Angulo de fricción entre relleno y muro	
ξ	= 1:1		Inclinación del material de relleno	
i	= 1.5		Inclinación del terreno	
	= 30°		Angulo de fricción interna del suelo	
ϕ	= 025°		Angulo inclinación del suelo	

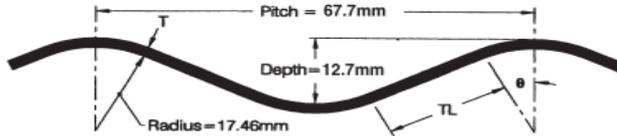
Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

IV.- VERIFICACIÓN DE TUBO TMC 60" APLICANDO EL CSPI_HANDBOOK OF STEEL DRAINAGE & HIGHWAY CONSTRUCTION PRODUCTS.

Figura 96

Propiedades de diseño de sección para hoja CSP corrugada (TMC 60").

Table 2.3 Section design properties for corrugated CSP sheet
Corrugation profile: 68 x 13 mm (annular or helical)



ESPACIAMIENTO MÍNIMO ENTRE TUBERÍAS MÚLTIPLES		
Estructura	Diámetro ó Luz	Espaciamiento Mínimo entre tuberías "B"
	Hasta 60 cm 60 a 180 cm 180 ó más	0.30 cm 1/2 diámetro 90 cm
	Hasta 60 cm 60 a 275 cm 275 a 480 cm	30 cm 1/3 luz 50 cm

Wall Thickness		Area	Tangent Length	Tangent Angle	Moment of Inertia	Section Modulus	Radius of Gyration	Developed Width Factor
Specified	Design							
T	T	A	TL	e	I	S	r	WF
mm	mm	mm ² /mm	mm	Degrees	mm ⁴ /mm	mm ³ /mm	mm	*
1.3	1.120	1.209	19.759	26.647	22.61	3.27	4.324	1.079
1.6	1.400	1.512	19.578	26.734	28.37	4.02	4.332	1.080
2.0	1.820	1.966	19.304	28.867	37.11	5.11	4.345	1.080
2.8	2.640	2.852	18.765	27.136	54.57	7.11	4.374	1.080
3.5	3.350	3.621	18.269	27.381	70.16	8.74	4.402	1.081
4.2	4.080	4.411	17.755	27.643	86.71	10.33	4.433	1.081

*WF is the ratio of the flat sheet width to the corrugated sheet width.
NOTE: Dimensions are subject to manufacturing tolerances.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 34.

Tabla 67

Diseño de alcantarillas tipo TMC Ø 60"

Luz (m)	Área (m ²)	Espesor (mm)	Peso (kg/m)	Altura mínima de cobertura (m)	Altura máxima de cobertura (m)	Pendiente longitudinal (%)	Q max: 93.8% Diam (m ³ /seg)
0.60	0.28	1.80	39.98	0.30	17.80	2.00	0.51
0.90	0.64	2.00	58.25	0.30	16.40	2.00	1.50
1.20	1.13	2.50	93.68	0.30	15.90	2.00	2.94
1.50	1.77	3.00	137.13	0.30	15.80	2.00	5.80
1.80	2.54	3.30	178.84	0.30	14.80	2.00	9.50

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

4.2. Propiedades mecánicas de la Alcantarilla TMC 60''

Figura 97

Propiedades de corrugación y acero (TMC 60'')

MATERIALS

Steel and Corrugation Properties

Mechanical properties of sheet and plate for structural plate corrugated steel pipe, and deep corrugated structural plate products are provided in Table 6.1.

Section properties for corrugated steel pipe, spiral rib pipe and structural plate corrugated steel pipe products are given in Table 6.2 and Table 6.3.

Ultimate seam strengths for riveted CSP, structural plate CSP, deep corrugated structural plate are provided in Tables 6.4a through 6.4d.

Table 6.1 Mechanical properties of sheet and plate for structural plate products

Steel	Min Tensile Strength, MPa	Min Yield Strength, MPa	Min Elongation in 50 mm	Modulus of Elasticity, MPa
SPCSP	290	195	30%	200×10^3
DCSP	380	275	25%	200×10^3

Note: These mechanical properties are for virgin material prior to corrugating and galvanizing and are conducted in accordance with the requirements of ASTM Standard A370. Corrugated steel with mechanical properties greater than the minimum requirements may be used. The minimum yield strength used for design shall be 230 MPa for structural plate and 300 MPa for deep corrugated structural plate, which shall be achieved through cold working.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 218.

5.1 Cargas de Diseño

Figura 98

Cargas (TMC 60'')

Loads

Underground conduits are subject to two principal kinds of loads:

1. Dead loads developed by the trench backfill above, and stationary superimposed uniform or concentrated surface loads; and
2. Live loads caused by temporary moving loads, including impact.

Dead Loads

The dead load is considered to be the soil prism over the pipe:

$$DL = \gamma H$$

where: DL = unit pressure of a soil prism acting on the horizontal plane at the top of the pipe, kPa

γ = unit weight of the soil, kN/m³

H = height of cover over the pipe, m

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 222.

5.2. Cálculo del Dead Loads Developed/Presión de Diseño (DL)

DL	=	5.10 KPa
LL	=	86.00 KPa

$P_v = K (DL + LL)$, Cuando $H \geq S$ $P_v = (DL + LL)$, Cuando $H < S$

5.3 Cálculo del Live Load (LL) Carga Vehicular

Figura 99

Cargas vivas (TMC 60")

Live Loads

The live load (LL) is that portion of the weight of vehicles, trains, or aircraft moving over the pipe, that is distributed through the soil to the pipe. Live loads are greatest when the height of cover over the top of the pipe is small and decrease as the fill height increases.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 222.

Para el diseño utilizaremos la carga vehicular el HS-20

Figura 100

Cargas vivas de carreteras y ferrocarriles (TMC 60")

Table 6.8 Highway and railway live loads (LL)¹

Depth of Cover, m	Highway Loading			Railway Loading	
	LL Pressure, KPa			Depth of Cover, m	LL Pressure, KPa
	CL-625 ²	H-20 ³	H-25 ³		
0.30	61	86	109	0.6	182
0.50	46	56	75	1.0	147
0.75	34	34	46	1.2	133
1.00	26	25	31	1.5	115
1.25	20	17	22	2.0	91
1.50	16	13	16	3.0	53
1.75	14	10	12	4.0	34
2.00	12	8	10	6.0	15
2.25	11	6	8	8.0	7
2.50	10	5	6	9.0	5
2.75	9	-	5		
3.00	8	-	-		
3.50	7	-	-		
4.00	6	-	-		
4.50	5	-	-		

Notes: 1. Neglect live load when less than 5 kPa; use dead load only.
 2. Load distribution through soil according to CAN/CSA-S6-06 (unfactored $\alpha_1 m_1$, including dynamic load allowance). Note that there is a separate vehicle for Ontario, in which the axles are heavier.
 3. Load distribution through soil according to ASTM traditional method (including impact).

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 223.

$$LL = 86.00 \text{ KPa}$$

5.4 Diseño por presión

Figura 101

Diseño de presión (TMC 60")

3. Design Pressure

When the height of cover is equal to or greater than the span or diameter of the structure, the load factor chart, Figure 6.5, is used to determine the percentage of the total load acting on the pipe. For routine use, the 85% Standard Proctor Density soil value will result in a factor of 0.86. The load factor, K , is applied to the total load to obtain the design pressure, P_v , acting on the pipe. If the height of cover is less than one pipe diameter, the total load is assumed to act on the pipe ($K = 1.0$).

The load on the pipe becomes:

$$P_v = K (DL + LL), \text{ when } H \geq S$$
$$P_v = (DL + LL), \text{ when } H < S$$

where: P_v = design pressure, kPa
 K = load factor
 DL = dead load, kPa
 LL = live load, kPa
 H = height of cover, m
 S = span or diameter, m

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products página 226.

$$P_v = 91.10 \text{ KPa}$$

Relleno con material granular bien graduado, libre de piedras mayores de 75mm y de material orgánico, se compacta en capas de 15 cm alternadamente, hasta alcanzar la densidad de 90% según la norma AASHTO T-99.

5.6 Tensión de Compresión Admisible

Figura 104

Tensión de Compresión TMC 60''

5. Allowable Wall Stress

The ultimate compressive stress, f_b , for corrugated steel structures with backfill compacted to 85% Standard Proctor Density and a yield strength of 230 MPa, are shown in Figure 6.6. The ultimate compression in the pipe wall is expressed by the following equations which represent the three behavioural zones that all pipes would be expected to be governed by. The first is the specified yield strength of the steel, which represents the *zone of wall crushing or yielding*. The second represents the *interaction zone of yielding and ring buckling*. The third represents the *ring buckling zone*.

$$f_b = f_y = 230, \text{ when } \frac{D}{r} < 294$$

$$f_b = 279.6 - (574.3 \times 10^{-6}) \left(\frac{D}{r}\right)^2, \text{ when } 294 \leq \frac{D}{r} \leq 500$$

$$f_b = \frac{(34 \times 10^6)}{\left(\frac{D}{r}\right)^2}, \text{ when } \frac{D}{r} > 500$$

$$f_c = \frac{f_b}{2}$$

where: f_b = ultimate compressive stress, MPa
 f_y = yield strength, MPa
 D = diameter or span, mm
 r = radius of gyration of the pipe wall (see Tables 6.2 or 6.3), mm

A factor of safety of 2 is applied to the ultimate wall stress to obtain the allowable stress, f_c :

$$f_c = \frac{f_b}{2}$$

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p.227.

$$\begin{aligned} f_c &= 106.03 \text{ MPa} \\ r &= 4.345 \text{ mm} \\ D/r &= 276.18 \\ D/r < 294.00 &\text{ por lo tanto } f_y=f_b= 212.06 \text{ MPa} \end{aligned}$$

5.7 Espesor de Pared

Figura 105

Espesor de Pared TMC 60''

6. Wall Thickness

A required wall area, A , is computed using the calculated compression in the pipe wall, C , and the allowable stress, f_c .

$$A = \frac{C}{f_c}$$

where: A = required area in the pipe wall, mm²/mm
 C = ring compression, kN/m
 f_c = allowable stress, MPa

From Table 6.2 or 6.3, select the wall thickness that provides the required area. The properties used in steps 5 and 6 (r , A) must be for the same corrugation.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products p. 229.

$$A = \frac{C}{f_c}$$

A = 0.644 mm²/mm
 t = 1.00 mm
 Corrugación = 63 x 13 mm = 2 2/3 x 1/2"

POR TABLAS
 POR TABLAS

Si utilizamos de 2.8mm de espesor se tiene un área de 2.852/mm² tabla 6.2.

Corrugación de 68x13, con un espesor de 1.6mm por condiciones de rigidez pasa, pero por razones comerciales se tomará 2mm.

Figura 106

Información de la Tabla 6.2. y Tabla 6.3 TMC 60".

Table 6.2 Section properties for corrugated steel pipe, spiral rib pipe and structural plate corrugated steel pipe products

Corrugation profile, mm	Specified Thickness, mm											
	1.0	1.3	1.6	2.0	2.8	3.0	3.5	4.0	4.2	5.0	6.0	7.0
	Moment of Inertia, I, mm ⁴ /mm											
38x6.5	3.70	5.11	6.46	8.58								
68x13	16.49	22.61	28.37	37.11	54.57	70.16		86.71				
76x25	75.84	103.96	130.40	170.40	249.73	319.77		393.12				
125x25			133.30	173.72	253.24	322.74		394.84				
152x51						1057.25		1457.56		1867.12	2278.31	2675.11
19x19x190*		58.83	77.67	117.17								
	Cross-sectional Wall Area, A, mm ² /mm											
38x6.5	0.896	1.187	1.484	1.929								
68x13	0.886	1.209	1.512	1.966	2.852	3.621		4.411				
76x25	1.016	1.389	1.736	2.259	3.281	4.169		5.084				
125x25			1.549	2.014	2.923	3.711		4.521				
152x51						3.522		4.828		6.149	7.461	8.712
19x19x190*		1.082	1.513	2.523								
	Radius of Gyration, r, mm											
38x6.5	2.063	2.075	2.087	2.109								
68x13	4.316	4.324	4.332	4.345	4.374	4.402		4.433				
76x25	8.639	8.653	8.666	8.685	8.724	8.758		8.794				
125x25			9.277	9.287	9.308	9.326		9.345				
152x51						17.326		17.375		17.425	17.475	17.523
19x19x190*		7.375	7.164	6.815								

* Ribbed pipe. Properties are effective values.

Table 6.3 Section properties for deep corrugated structural plate products

Type I: 381 x 140 mm corrugation profile				
Specified Thickness mm	Moment of Inertia, I mm ⁴ /mm	Area, A mm ² /mm	Radius of Gyration, r mm	Plastic Section Modulus, Z mm ³ /mm
2.81	9096.2	3.720	49.45	165.25
3.53	11710.7	4.783	49.48	212.67
4.27	14333.9	5.846	49.51	260.15
4.79	16039.0	6.536	49.53	291.03
5.54	18743.3	7.828	49.57	339.93
6.23	21445.9	8.716	49.60	388.77
7.11	24164.6	9.808	49.63	437.85
Type II: 400 x 150 mm corrugation profile				
Specified Thickness mm	Moment of Inertia, I mm ⁴ /mm	Area, A mm ² /mm	Radius of Gyration, r mm	Plastic Section Modulus, Z mm ³ /mm
4.3	16186	5.792	52.86	273.62
5.0	19060	6.811	52.90	322.05
6.0	23154	8.260	52.95	391.01
7.0	27071	9.640	52.99	456.91
8.0	30759	10.935	53.04	518.88

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

4.5 Verificación de Rigidez

Figura 107

Verificación de Rigidez TMC 60”.

7. Handling Stiffness

Minimum pipe stiffness requirements, for practical handling and installation without the need for special shape control measures, have been established through experience and have been formulated. The resultant flexibility factor, FF, limits the size of pipe for each combination of corrugation and metal thickness.

$$FF = \frac{D^2}{EI}$$

where: E = modulus of elasticity = 200×10^3 MPa
 D = diameter or span, mm
 I = moment of inertia of the pipe wall (see Tables 6.2 or 6.3), mm⁴/mm

Recommended maximum allowable values of FF for ordinary round and underpass pipe installations are as follows:

68 x 13 mm corrugation,	FF ≤ 0.245 mm/N
125 x 25 mm corrugation,	FF ≤ 0.188 mm/N
76 x 25 mm corrugation,	FF ≤ 0.188 mm/N
152 x 51 mm corrugation,	FF ≤ 0.114 mm/N

The maximum allowable values of FF for pipe-arch and arch shapes are increased as follows:

Pipe-Arch	FF ≤ 1.5 x FF shown for round pipe
Arch	FF ≤ 1.5 x FF shown for round pipe

Higher values can be used with special care or where experience suggests a higher value is appropriate. Trench conditions, as in the case of storm sewer design, is one example where higher allowable values are appropriate. Aluminum pipe experiences are another. For example, the flexibility factor permitted for aluminum pipe in some specifications is more than twice that recommended above for steel. This has come about because aluminum has only one-third the stiffness of steel, the modulus of elasticity for aluminum being approximately 67×10^3 MPa compared to 200×10^3 MPa for steel. Where this degree of flexibility is acceptable in aluminum, it will be equally acceptable in steel.

Nota. CSPI_Handbook of Steel Drainage & Highway Construction Products.

E	=	200 x 10 ³ Mpa	Módulo de Elasticidad
I	=	54.57 mm ⁴ /mm	POR TABLAS
FF	=	.206 mm	
FF	=	Acceptable	

$$FF = D^2 / E * I \leq 0.25$$

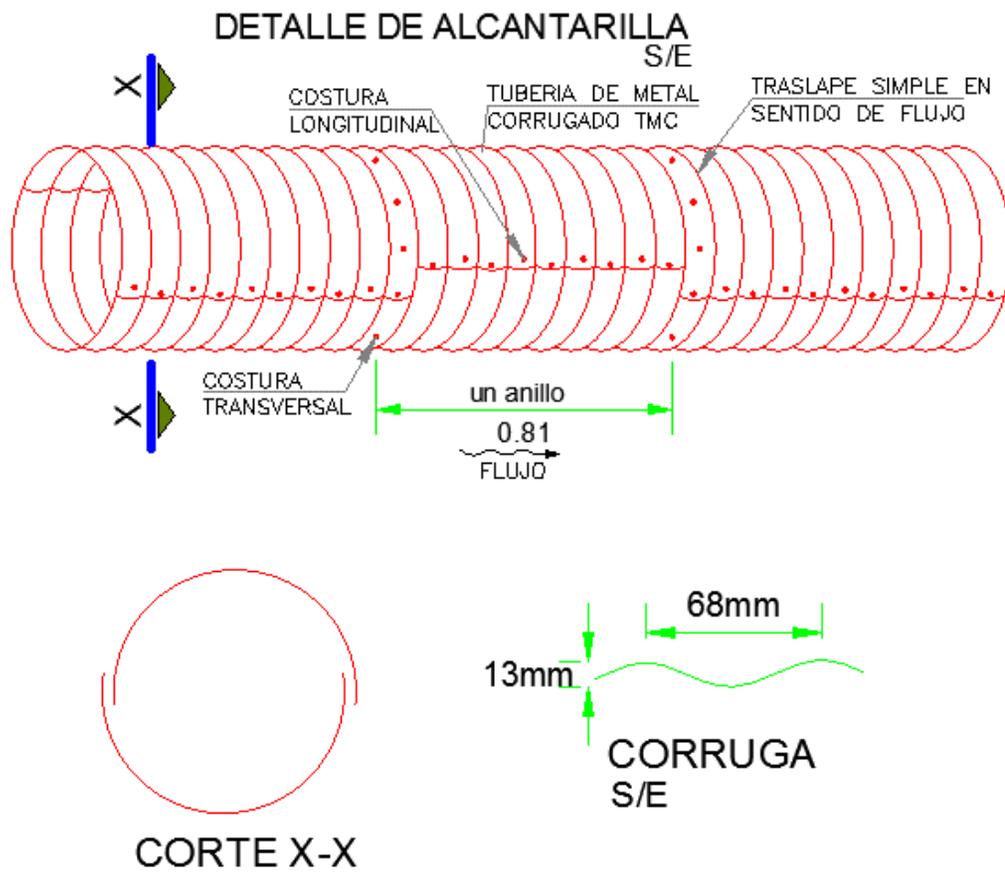
4.60 . Solución

Tubo Ø	60"
Utilizamos	2.8 mm

V.- DETALLES

Figura 108

Detalles de la alcantarilla TMC 60"



Nota. Elaboración propia.

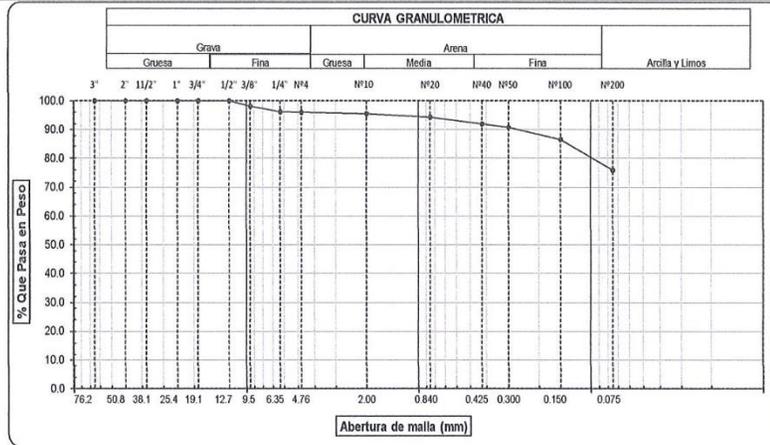


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - D422 / N.T.P. 339.128)

Tesis : EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 - SINCHIMACHE PARA EL DISENO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 01 (Centro Poblado Valle Callacate)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

ABERTURA MALLA (Pul)	PESO (mm)	% RETENIDO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200					PESO TOTAL : 200.0 g
2 1/2"	63.500					PESO LAVADO : 151.5 g
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					LIMITE LIQUIDO : 48.62 %
1"	25.400					LIMITE PLASTICO : 21.86 %
3/4"	19.050					INDICE PLASTICIDAD : 26.76 %
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	CLASF. AASHTO : A-7-6 (17)
3/8"	9.525	3.68	1.84	1.84	98.16	CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.350	4.15	2.08	3.92	96.09	DESCRIPCION DEL SUELO : MALO
Nº4	4.760	0.40	0.20	4.12	95.89	Arcilla de baja plasticidad con arena
Nº10	2.000	1.02	0.51	4.63	95.38	Ensayo Malla Nº200 P.S.Seco P.S.Lav (%) 200
Nº20	0.840	2.08	1.04	5.67	94.34	200.0 151 24.3
N40	0.425	5.03	2.52	8.18	91.82	
Nº50	0.300	2.08	1.04	9.22	90.78	
Nº100	0.150	8.58	4.29	13.51	86.49	MODULO DE FINEZA 0.511
Nº200	0.075	21.51	10.76	24.27	75.74	Coef. Uniformidad 0.0
< Nº 200	FONDO	151.47	75.74	100.00	0.00	Coef. Curvatura 0.0



Observaciones: _____

(Handwritten signature)

Mario Ramirez De la Cruz
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 10000000000000000000 - LAMBAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = mario_rds@hotmail.com

(Handwritten signature)

OSCAR LUZQUINOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31308



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

LIMITES DE ATTERBERG
(ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)

Tesis : EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 01 (Centro Poblado Valle Callacate)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
		17	24	31	---	---	---
Nº de golpes		423	410	412	436	---	---
1. Recipiente N°							
2. Peso suelo húmedo + tara	(gr)	53.98	62.25	59.74	61.96	---	---
3. Peso suelo seco + Tara	(gr)	48.15	54.75	52.64	57.87	---	---
4. Peso de la Tara	(gr)	37.87	36.42	38.65	39.16	---	---
5. Peso del agua	(gr)	5.83	7.50	7.10	4.09	---	---
6. Peso del suelo seco	(gr)	10.28	18.33	13.99	18.71	---	---
7. Contenido de humedad	(%)	56.71	40.92	50.75	21.86	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	48.62
Límite Plástico	21.86
Índice de Plasticidad	26.76

MUESTRA:	1.00 - 1.50 mts
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (17)

Observaciones: _____

(Handwritten signature in blue ink)

(Handwritten signature in blue ink)

Mario Ramírez Peña
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 2474741 - LIMA - PERU
 E-Mail = manulseoane@hotmail.com

OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIR. N° 31398



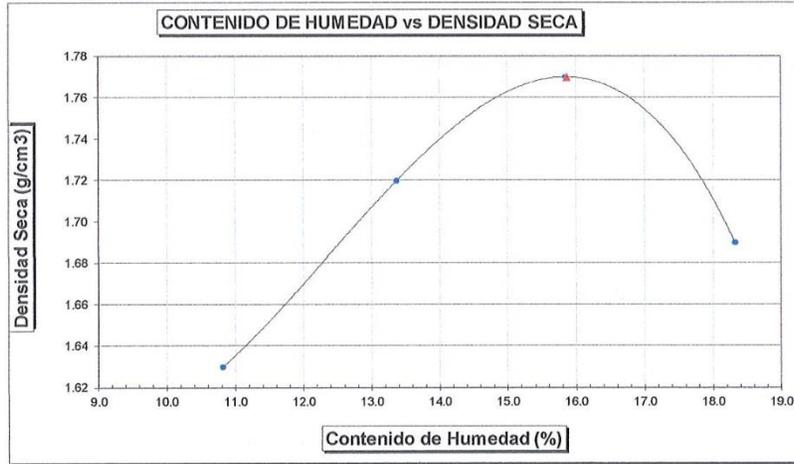
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE – SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO – 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 01 (Centro Poblado Valle Callacate)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

PROCTOR MODIFICADO AASHTO T - 180 D

MOLDE N°	:					
VOLUMEN	:	2050	cm ³	---	pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
-	Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	6461	6748	6953	6850
-	Peso de Molde	(g)	2750	2750	2750	2750
-	Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	3711	3998	4203	4100
-	Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.810	1.950	2.050	2.000
-	Recipiente N°		156	166	174	211
-	Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	42.88	40.97	49.22	50.22
-	Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	40.66	38.48	45.79	46.10
-	Tara	(g)	20.15	19.85	24.15	23.61
-	Peso de Agua	(g)	2.22	2.49	3.43	4.12
-	Peso de Suelo Seco	(g)	20.51	18.63	21.64	22.49
-	Contenido de agua	(%)	10.82	13.37	15.85	18.32
-	Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.63	1.72	1.77	1.69

Máxima Densidad Seca : 1.77 gr/cm³
 Óptimo Contenido de Humed: 15.86 %



(Handwritten signature in blue ink)

Mario Ramírez Dejo
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 177 - LAMAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = manuelseoane@hotmail.com

(Handwritten signature in blue ink)

OSCAR LUZQUIAS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 01 (Centro Poblado Valle Callacate)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

C.B.R.							
MOLDE N°	5	20	31				
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	12				
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	10,556	10,629	10,621	10,722	10,379	10,572	
PESO DEL MOLDE (g)	6,161	6,161	6,361	6,361	6,329	6,329	
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4395	4468	4260	4361	4050	4243	
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.05	2.08	1.99	2.03	1.89	1.98	
CAPSULA N°	154	176	205	233	247	277	
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	54.99	65.28	64.09	61.40	46.57	73.19	
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	50.40	59.18	58.46	55.05	43.02	64.57	
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	4.59	6.10	5.63	6.35	3.55	8.62	
PESO DE CAPSULA (g)	21.45	23.63	23.82	20.38	20.76	23.05	
PESO DE SUELO SECO (g)	28.95	35.55	34.64	34.67	22.26	41.52	
HUMEDAD (%)	15.85%	17.16%	16.25%	18.32%	15.95%	20.76%	
DENSIDAD SECA	1.77	1.78	1.71	1.72	1.63	1.64	

EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
				mm.	%	mm.	%	mm.	%	mm.	%		
02-sep	7.10 p.m.	0 hrs	0.000			0.000				0.000			
03-sep	7.10 p.m.	24 hrs	0.611	0.611	0.525	0.850	0.850	0.731	1.060	1.060	1.060	0.911	
04-sep	7.10 p.m.	48 hrs	0.693	0.693	0.596	0.946	0.946	0.813	1.168	1.168	1.168	1.004	
05-sep	7.10 p.m.	72 hrs	0.817	0.817	0.702	1.060	1.060	0.911	1.263	1.263	1.263	1.086	
06-sep	7.10 p.m.	96 hrs	0.949	0.949	0.816	1.175	1.175	1.010	1.362	1.362	1.362	1.171	

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 5				MOLDE N° 20				MOLDE N° 31			
		ESTANDAR	CARGA	CORECCION	%	CARGA	CORECCION	%	CARGA	CORECCION	%	%	
pulg.	(lbs/pulg ²)	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		4.60	54	18.00		3.30	39	13.00		2.10	24	8.00	
0.040		9.50	111	37.00		6.90	81	27.00		4.10	48	16.00	
0.060		13.80	162	54.00		10.00	117	39.00		6.20	72	24.00	
0.080		18.20	213	71.00		13.10	153	51.00		7.90	93	31.00	
0.100	1000	22.80	267	89.00	8.90	16.40	192	64.00	6.40	10.00	117	39.00	3.90
0.200	1500	37.20	435	145.00		26.70	312	104.00		16.40	192	64.00	
0.300		47.20	552	184.00		33.80	396	132.00		20.80	243	81.00	
0.400		54.90	642	214.00		39.50	462	154.00		24.10	282	94.00	
0.500		57.20	669	223.00		41.00	480	160.00		25.10	294	98.00	

Mario Ramirez De la MANUEL SEOANE N° 717 AMBRYEQUE - CEL. 954853683
 GERENTE GENERAL E-Mail = mario_rd8@hotmail.com
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



OSCAR LUZQUINOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31330



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021

Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca

Material : Calicata N°. 01 (Centro Poblado Valle Callacate)

Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)

Perforación : Cielo abierto

Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts

Fecha : 11 de Septiembre del 2021

Hecho por : Bach. Willar Herrera Roias

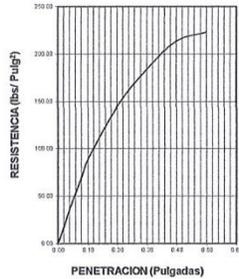
DATOS DEL PROCTOR

Densidad Máxima (gr/cm^3) : 1.77
 Humedad Óptima (%) : 15.86

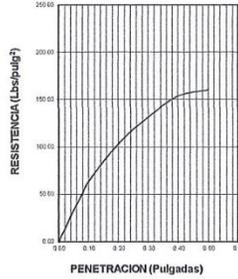
DATOS DEL C.B.R.

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) : 8.90
 C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) : 5.40

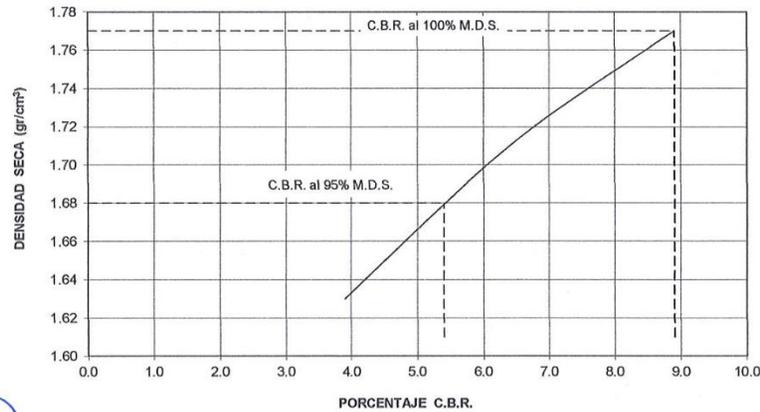
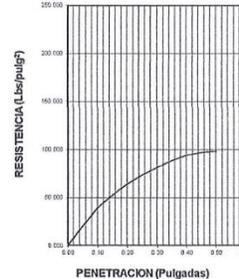
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



(Handwritten signature in blue ink)

Mario Ramirez Dejo
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 7 LAMAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = mario_@hotmail.com

(Handwritten signature in blue ink)

OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31320

-Calicata N°02:



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
 Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
 Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Sanicillo Alto)
 Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
 Perforación : Cielo abierto
 Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
 Fecha : 11 de Septiembre del 2021
 Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

REGISTRO DE PERFORACIONES

COTA	PROFUNDIDAD	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	(mts.) MUESTRA			
	0.00			
	0.10	RELLENO	MATERIAL DE RELLENO NO CALIFICADO	
		M.I CL	CLASIFICACION - AASHTO: A - 7 - 6 (10) ARCILLAS INORGANICAS DE MEDIANA PLASTICIDAD DE COLOR AMARILLENTO, DE CONSISTENCIA MEDIA L.L. = 41.05 L.P. = 22.85 I.P. = 18.20 % CONTENIDO DE HUMEDAD = 21.73 % % CONTENIDO DE SALES = 0.03 % MAXIMA DENSIDAD SECA = 1.80 gr/cm3 OPTIMO DE HUMEDAD = 14.80 % C.B.R. - 100% = 9.5 % C.B.R. - 95% = 5.8 %	DURANTE EL TIEMPO DE EXCAVACION NO SE DETECTO NIVEL FREATICO
	1.50			

Mario Ramirez Delgado
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

MANUEL SEOANE N° 7
 E-Mail = mario_@linuslab.com



Oscar Lizquinos Rodriguez
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
– SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO – 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Sanicullo Alto)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

HUMEDAD NATURAL

CALICATA-MUESTRA	C2 - M1
PROFUNDIDAD (m)	0.10 - 1.50
Nº RECIPIENTE	355
1.- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	65.35
2.- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	56.85
3.- PESO DEL AGUA	8.50
4.- PESO RECIPIENTE	17.74
5.- PESO SUELO SECO	39.11
6.- PORCENTAJE DE HUMEDAD	21.73%

DETERMINACION DE LA SAL

CALICATA-MUESTRA	C2 - M1
PROFUNDIDAD (m)	0.10 - 1.50
Nº RECIPIENTE	455
(1) PESO DEL TARRO	66.35
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	99.95
(3) PESO TARRO SECO + SAL	66.36
(4) PESO SAL	0.01
(5) PESO AGUA	33.59
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.03%

Mario Ramirez Dejo
GERENTE GENERAL
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 1111 - BAYEQUE - CEL. 954853683 –
E-Mail = mario.rdz@hotmail.com

OSCAR LUZQUINOS RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 21328

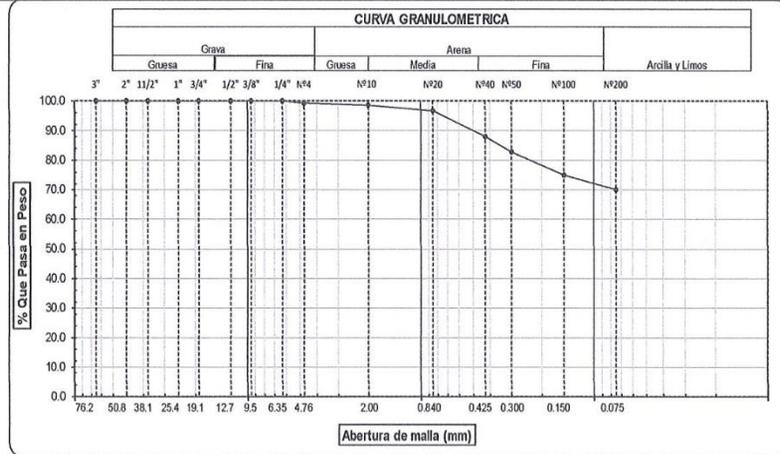


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM - D422 / N.T.P. 339.128)

Tesis : EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Sanicullo Alto)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 ms
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

ABERTURA MALLA (Pul)	(mm)	% RETENIDO		% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
		RETENIDO	PARCIAL ACUMULADO		
3"	76.200				PESO TOTAL : 200.0 g
2 1/2"	63.500				PESO LAVADO : 140.2 g
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				LIMITE LIQUIDO : 41.05 %
1"	25.400				LIMITE PLASTICO : 22.85 %
3/4"	19.050				INDICE PLASTICIDAD : 18.20 %
1/2"	12.700				CLASF. AASHTO : A-7-6 (10)
3/8"	9.525				CLASF. SUCS : CL
1/4"	6.350	0.00	0.00	100.00	DESCRIPCIÓN DEL SUELO : MALO
N°4	4.760	1.60	0.80	99.20	Arcilla de baja plasticidad con arena
N°10	2.000	0.96	0.48	98.72	Ensayo Malla N°200 P.S.Sec.P.S.Lav (%) 200
N°20	0.840	3.87	1.94	96.79	200.0 140 29.9
N40	0.425	17.77	8.89	87.90	
N°50	0.300	10.24	5.12	82.78	
N°100	0.150	15.51	7.76	24.98	MODULO DE FINEZA 0.596
N°200	0.075	9.85	4.93	29.90	Coef. Uniformidad 0.0
< N° 200	FONDO	140.20	70.10	100.00	Coef. Curvatura 0.0



Observaciones: _____

(Handwritten signature in blue ink)

(Handwritten signature in blue ink)

Mario Ramírez De Jesús
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

MANUEL SEOANE N° 7111 LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 -
 E-Mail = mario_rds@hotmail.com



OSCAR LIZQUINOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338

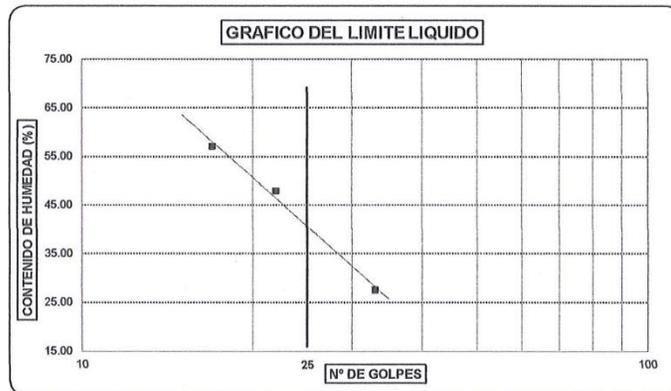


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

LIMITES DE ATTERBERG
(ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)

Tesis : EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISENO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Samicullo Alto)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestr. : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Roias

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		17	22	33	---	---
N° de golpes		17	22	33	---	---
1. Recipiente N°		430	405	410	447	---
2. Peso suelo húmedo + tara (gr)		57.58	53.89	56.04	55.59	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)		51.65	47.84	52.64	52.74	---
4. Peso de la Tara (gr)		37.67	39.10	36.42	40.27	---
5. Peso del agua (gr)		5.93	6.05	3.40	2.85	---
6. Peso del suelo seco (gr)		13.98	8.74	16.22	12.47	---
7. Contenido de humedad (%)		42.42	69.22	20.96	22.85	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	41.05
Límite Plástico	22.85
Índice de Plasticidad	18.20

MUESTRA:	1.00 - 1.50 mts
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6 (10)

Observaciones: _____

Mario Ramírez De
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 17 - LAMBAYEUQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = manuelseoane@hotmail.com

OSCAR LIZQUIANO RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 21326

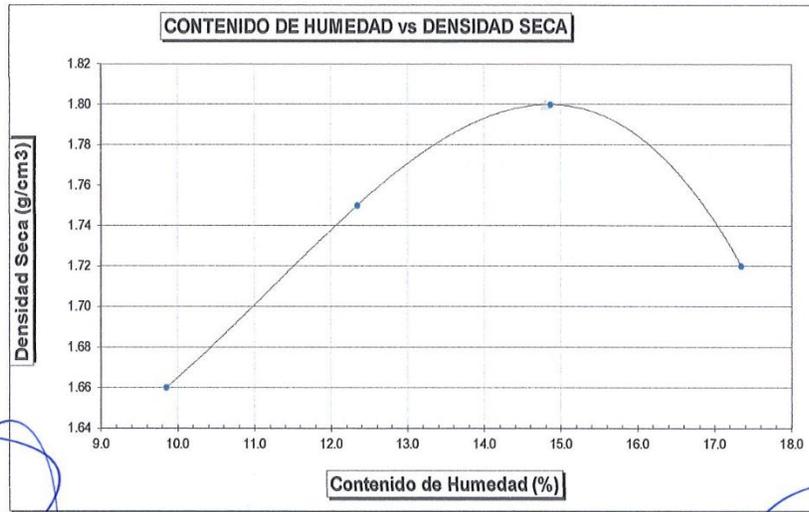


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N° 02 (Comunidad Sanicullo Alto)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

PROCTOR MODIFICADO AASHTO T - 180 D

MOLDE N°	:				
VOLUMEN	:	2050	cm ³	---	pie ³
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D			
-	Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	6481	6789	6994 6891
-	Peso de Molde	(g)	2750	2750	2750 2750
-	Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	3731	4039	4244 4141
-	Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.820	1.970	2.070 2.020
-	Recipiente N°		265	233	241 284
-	Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	43.55	42.75	46.21 45.78
-	Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	41.40	40.29	42.80 41.65
-	Tara	(g)	19.58	20.35	19.85 17.85
-	Peso de Agua	(g)	2.15	2.46	3.41 4.13
-	Peso de Suelo Seco	(g)	21.82	19.94	22.95 23.80
-	Contenido de agua	(%)	9.85	12.34	14.86 17.35
-	Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.66	1.75	1.80 1.72
	Máxima Densidad Seca	:	1.80	gr/cm ³	
	Optimo Contenido de Humed:	:	14.80	%	



(Handwritten signature in blue ink)



(Handwritten signature in blue ink)

Mario Ramirez Dejo
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

MANUEL SEOANE N° 717 - CUTERVO - YAYAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = mario_rd8@hotmail.com

OSCAR LIZQUIROS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
 Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
 Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Sanicullo Alto)
 Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
 Perforación : Cielo abierto
 Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
 Fecha : 11 de Septiembre del 2021
 Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

C.B.R.						
MOLDE N°	28		43		54	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	10,685	10,760	10,753	10,855	10,513	10,710
PESO DEL MOLDE (g)	6,258	6,258	6,458	6,426	6,426	6,426
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4,427	4,502	4,295	4,397	4,087	4,284
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	2.07	2.10	2.00	2.05	1.91	2.00
CAPSULA N°	251	273	302	330	344	374
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	57.53	67.79	66.58	63.96	49.18	75.76
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	52.74	61.52	60.80	57.39	45.36	66.91
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	4.79	6.27	5.78	6.57	3.82	8.85
PESO DE CAPSULA (g)	20.38	22.56	22.75	19.31	19.69	21.98
PESO DE SUELO SECO (g)	32.36	38.96	38.05	38.08	25.67	44.93
HUMEDAD (%)	14.80%	16.09%	15.19%	17.25%	14.88%	19.70%
DENSIDAD SECA	1.80	1.81	1.74	1.75	1.66	1.67

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
02-sep	6.40 p.m.	0	hrs	0.000		0.000		0.000			
03-sep	6.40 p.m.	24	hrs	0.511	0.511	0.439	0.750	0.645	0.960	0.960	0.825
04-sep	6.40 p.m.	48	hrs	0.593	0.593	0.510	0.846	0.846	0.727	1.068	0.918
05-sep	6.40 p.m.	72	hrs	0.717	0.717	0.617	0.960	0.960	0.825	1.163	1.000
06-sep	6.40 p.m.	96	hrs	0.849	0.849	0.730	1.075	1.075	0.924	1.262	1.085

PENETRACION													
PENETRACION	MOLDE N° 28				MOLDE N° 43				MOLDE N° 54				
	pulg.	ESTANDAR	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
	(lbs/pulg ²)	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg ²	%
0.020		4.90	57	19.00		3.60	42	14.00		2.10	24	8.00	
0.040		10.30	120	40.00		7.40	87	29.00		4.40	51	17.00	
0.060		14.90	174	58.00		10.80	126	42.00		6.40	75	25.00	
0.080		19.50	228	76.00		14.10	165	55.00		8.50	99	33.00	
0.100	1000	24.40	285	95.00	9.50	17.70	207	69.00	6.90	10.50	123	41.00	4.10
0.200	1500	39.70	465	155.00		28.70	336	112.00		17.20	201	67.00	
0.300		50.50	591	197.00		36.70	429	143.00		21.80	255	85.00	
0.400		58.50	684	228.00		42.60	498	166.00		25.10	294	98.00	
0.500		61.00	714	238.00		44.40	519	173.00		26.40	309	103.00	

Mario Ramirez Delgado
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

MANUEL SEOANE N° 7175
 ASFALTOS Y PAVIMENTOS - CEL. 954853683
 E-Mail = marioseoane@gmail.com

OSCAR LUZQUIAS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338





LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE – SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO – 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 02 (Comunidad Sanicullo Alto)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

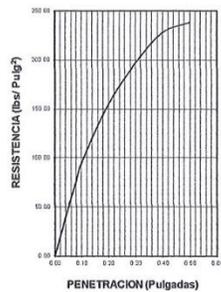
DATOS DEL PROCTOR

Densidad Máxima (gr/cm^3) 1.80
Humedad Optima (%) 14.80

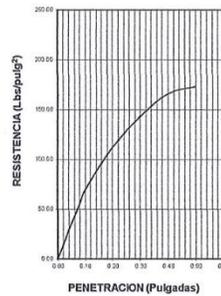
DATOS DEL C.B.R.

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 9.50
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 5.80

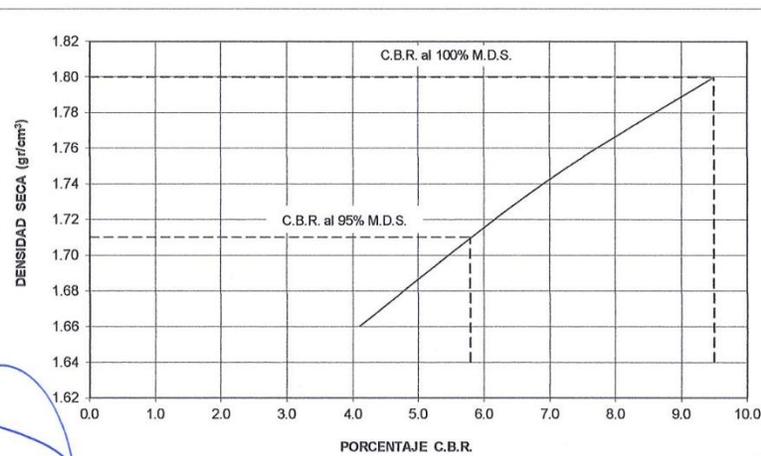
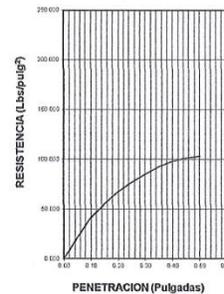
66 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



(Handwritten signature)

Mario Ramírez De Jesús
GERENTE GENERAL
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 717 - SAN ANDRÉS DE QUETA - CEL. 954853683 -
E-Mail = mario_rd8@hotmail.com

(Handwritten signature)

OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 31330

-Calicata N°03:



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 - SINCHMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
 Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
 Material : Calicata N° 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
 Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
 Perforación : Cielo abierto
 Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
 Fecha : 11 de Septiembre del 2021
 Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

REGISTRO DE PERFORACIONES

COTA	PROFUNDIDAD (mts.)	SIMBOLO	NATURALEZA DEL TERRENO	OBSERVACIONES
	0.00		ESTRATO	
	0.10	RELLENO	MATERIAL DE RELLENO NO CALIFICADO	
		M.I SC	CLASIFICACION - AASHTO: A - 4 (3) ARENAS ARCILLOSAS DE MEDIANA PLASTICIDAD DE COLOR MARRON CLARO, DE CONSISTENCIA MEDIA L.L = 24.80 L.P = 19.29 I.P = 5.51 % CONTENIDO DE HUMEDAD = 17.34 % % CONTENIDO DE SALES = 0.04 % MAXIMA DENSIDAD SECA = 1.86 gr/cm3 OPTIMO DE HUMEDAD = 12.38 % C.B.R. - 100% = 10.1 % C.B.R. - 95% = 6.2 %	DURANTE EL TIEMPO DE EXCAVACION NO SE DETECTO NIVEL FREATICO
	1.50			

Mario Ramirez De...
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 1 LA BAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = man...@hotmail.com

OSCAR LIZQUIRAS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31330



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
- SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

HUMEDAD NATURAL

CALICATA-MUESTRA	C3 - M1
PROFUNDIDAD (m)	0.10 - 1.50
N° RECIPIENTE	255
1.- PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	88.45
2.- PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	78.94
3.- PESO DEL AGUA	9.51
4.- PESO RECIPIENTE	24.11
5.- PESO SUELO SECO	54.83
6.- PORCENTAJE DE HUMEDAD	17.34%

DETERMINACION DE LA SAL

CALICATA-MUESTRA	C3 - M1
PROFUNDIDAD (m)	0.10 - 1.50
N° RECIPIENTE	215
(1) PESO DEL TARRO	55.74
(2) PESO TARRO + AGUA + SAL	84.51
(3) PESO TARRO SECO + SAL	55.75
(4) PESO SAL	0.01
(5) PESO AGUA	28.76
(6) PORCENTAJE DE SAL	0.04%

Mario Ramirez De Jesus
GERENTE GENERAL
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 17 - LAMAYEQUE - CEL. 954853683 -
E-Mail = manuelseoane@hotmail.com

OSCAR LIZQUINOS RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 31338

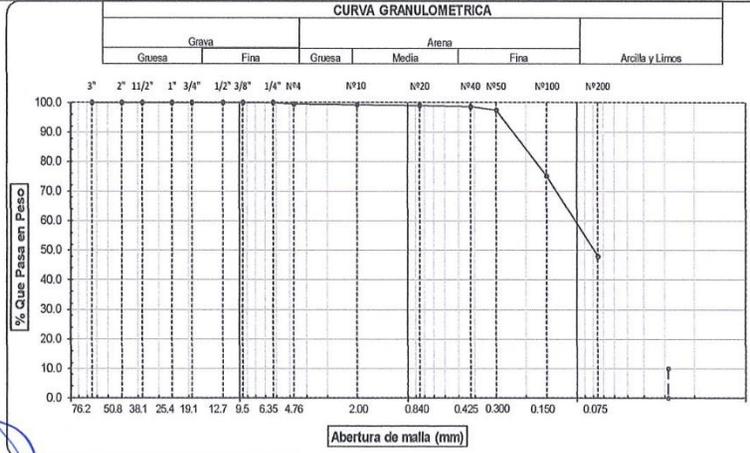


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
 (ASTM - D422 / N.T.P. 339.128)

Tesis : EVALUACION HIDROLOGICA E HIDRAULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

ABERTURA MALLA (Pul)	(mm)	PESO		% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
		RETENIDO	PARCIAL				
3"	76.200						PESO TOTAL : 200.0 g.
2 1/2"	63.500						PESO LAVADO : 95.8 g.
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						LIMITE LIQUIDO : 24.80 %
1"	25.400						LIMITE PLASTICO : 19.29 %
3/4"	19.050						INDICE PLASTICIDAD : 5.51 %
1/2"	12.700						CLASF. AASHTO : A-4 (3)
3/8"	9.525						CLASF. SUCS : SC-SM
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00		DESCRIPCIÓN DEL SUELO : REGULAR-MALO
Nº4	4.760	1.12	0.56	0.56	99.44		Arena limo arcillosa
Nº10	2.000	0.23	0.12	0.68	99.33		Ensayo Malla Nº20 P.S.Sec.P.S.Lav (%) 200
Nº20	0.840	0.52	0.26	0.94	99.07		200.0 96 52.1
N40	0.425	0.95	0.48	1.41	98.59		
Nº50	0.300	2.26	1.13	2.54	97.46		
Nº100	0.150	44.57	22.29	24.83	75.18		MODULO DE FINEZA 0.309
Nº200	0.075	54.60	27.30	52.13	47.88		Cof. Uniformidad 0.0
< Nº 200	FONDO	95.75	47.88	100.00	0.00		Cof. Curvatura 0.0



Observaciones:

(Handwritten signature)

Mario Ramirez Dujón
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 7177 ASFALTOS BAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = manul@rednet.com

(Handwritten signature)
OSCAR LIZQUIROS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31338

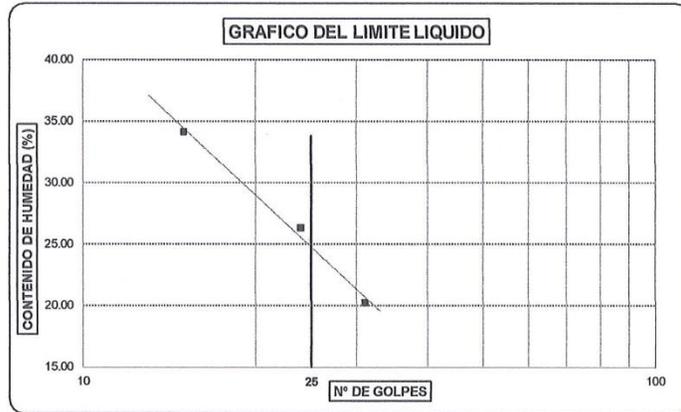


LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

LIMITES DE ATTERBERG
(ASTM - D423 / N.T.P. 339.129)

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 : - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO - 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Roias

DATOS DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	15	24	31	---	---	---
N° de golpes	330	340	311	302	---	---
1. Recipiente N°	330	340	311	302	---	---
2. Peso suelo húmedo + tara (gr)	32.56	31.94	33.54	42.4	---	---
3. Peso suelo seco + Tara (gr)	28.90	29.02	31.11	38.5	---	---
4. Peso de la Tara (gr)	18.07	18.25	18.83	18.28	---	---
5. Peso del agua (gr)	3.66	2.92	2.43	3.90	---	---
6. Peso del suelo seco (gr)	10.83	10.77	12.28	20.22	---	---
7. Contenido de humedad (%)	33.80	27.11	19.79	19.29	---	---



LIMITE DE CONSISTENCIA DE LA MUESTRA	
Límite Líquido	24.80
Límite Plástico	19.29
Índice de Plasticidad	5.51

MUESTRA:	1.00 - 1.50 mts
Clasificación SUCS	SC-SM
Clasificación AASHTO	A-4 (3)

Observaciones: _____

(Handwritten signature)

Mario Ramirez Dejo
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 7111 LAMBAYEQUE - CEL. 954853683 -
 E-Mail = mario_rdb@hotmail.com

(Handwritten signature)

OSCAR LIZQUIAÑO RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31336



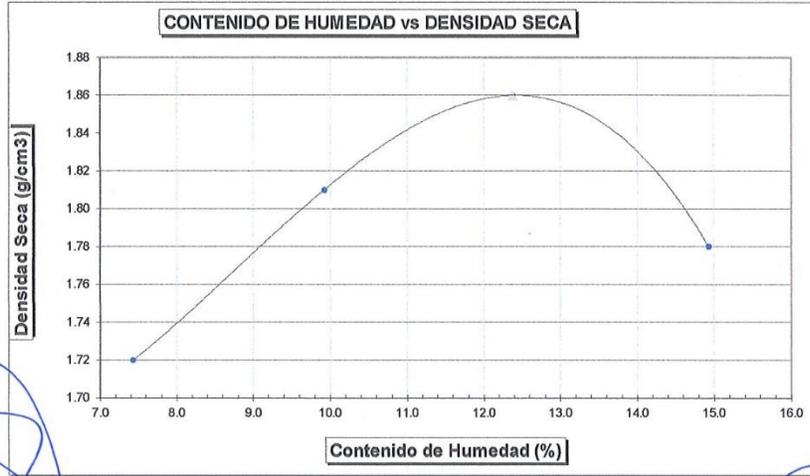
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE
 – SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO – 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

PROCTOR MODIFICADO AASHTO T - 180 D

MOLDE N°	:	2050	cm ³	---	pie ³	
VOLUMEN	:	2050	cm ³	---	pie ³	
METODO DE COMPACTACION	:	AASHTO T - 180 D				
-	Peso Suelo Húmedo + Molde	(g)	6543	6830	7035	6953
-	Peso de Molde	(g)	2750	2750	2750	2750
-	Peso Suelo Húmedo Compactado	(g)	3793	4080	4285	4203
-	Peso Volumétrico Húmedo	(g)	1.850	1.990	2.090	2.050
-	Recipiente N°		450	444	431	429
-	Peso de Suelo Húmedo + Tara	(g)	42.72	39.98	43.89	43.99
-	Peso de Suelo Seco + Tara	(g)	41.33	38.31	41.43	40.90
-	Tara	(g)	22.61	21.47	21.58	20.20
-	Peso de Agua	(g)	1.39	1.67	2.46	3.09
-	Peso de Suelo Seco	(g)	18.72	16.84	19.85	20.70
-	Contenido de agua	(%)	7.43	9.92	12.39	14.93
-	Peso Volumétrico Seco	(g/cm ³)	1.72	1.81	1.86	1.78

Máxima Densidad Seca : 1.86 gr/cm³
 Optimo Contenido de Humedad : 12.38 %



(Handwritten signature in blue ink)

(Handwritten signature in blue ink)

MARIO RAMÍREZ DEJO
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.

MANUEL SEOANE N° 7377 ASPALTALES Y PAVIMENTOS - CEL. 954853683 -
 E-Mail = manulseoane@gmail.com



OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31336



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

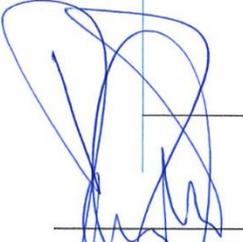
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO-2021
 Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
 Material : Calicata N° 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
 Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
 Perforación : Cielo abierto
 Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
 Fecha : 11 de Septiembre del 2021
 Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

C.B.R.						
MOLDE N°	4		19		30	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE MUESTRA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA	SIN MOJAR	MOJADA
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO (g)	10,748	10,825	10,819	10,922	10,582	10,785
PESO DEL MOLDE (g)	6,269	6,269	6,469	6,469	6,437	6,437
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4479	4556	4350	4453	4145	4348
VOLUMEN DEL SUELO (g)	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143	2,143
DENSIDAD HUMEDA (g/cm³)	2.09	2.13	2.03	2.08	1.93	2.03
CAPSULA N°	211	233	262	290	304	334
PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO (g)	56.94	67.05	65.86	63.25	48.75	74.90
PESO CAPSULA + SUELO SECO (g)	52.82	61.60	60.88	57.47	45.44	66.99
PESO DE AGUA CONTENIDA (g)	4.12	5.45	4.98	5.78	3.31	7.91
PESO DE CAPSULA (g)	19.56	21.74	21.93	18.49	18.87	21.16
PESO DE SUELO SECO (g)	33.26	39.86	38.95	38.98	26.57	45.83
HUMEDAD (%)	12.39%	13.67%	12.79%	14.83%	12.46%	17.26%
DENSIDAD SECA	1.86	1.87	1.8	1.81	1.72	1.73

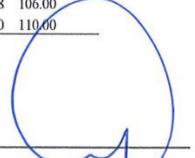
EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
02-sep	7.50 p.m.	0 hrs	0.000			0.000			0.000		
03-sep	7.50 p.m.	24 hrs	0.344	0.344	0.296	0.583	0.501	0.793	0.793	0.793	0.682
04-sep	7.50 p.m.	48 hrs	0.426	0.426	0.366	0.679	0.679	0.584	0.901	0.901	0.775
05-sep	7.50 p.m.	72 hrs	0.550	0.550	0.473	0.793	0.793	0.682	0.996	0.996	0.856
06-sep	7.50 p.m.	96 hrs	0.682	0.682	0.586	0.908	0.908	0.781	1.095	1.095	0.942

PENETRACION													
PENETRACION pulg.	CARGA			MOLDE N° 4			MOLDE N° 19			MOLDE N° 30			
	ESTANDAR	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
	(lbs/pulg²)	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%	Lectura	lbs	lbs/pulg²	%
0.020		5.10	60	20.00		3.80	45	15.00		2.30	27	9.00	
0.040		10.80	126	42.00		7.70	90	30.00		4.60	54	18.00	
0.060		15.90	186	62.00		11.50	135	45.00		6.90	81	27.00	
0.080		20.80	243	81.00		14.90	174	58.00		9.00	105	35.00	
0.100	1000	25.90	303	101.00	10.10	18.70	219	73.00	7.30	11.30	132	44.00	4.40
0.200	1500	42.30	495	165.00		30.50	357	119.00		18.50	216	72.00	
0.300		53.60	627	209.00		38.70	453	151.00		23.30	273	91.00	
0.400		62.10	726	242.00		44.90	525	175.00		27.20	318	106.00	
0.500		64.90	759	253.00		46.90	549	183.00		28.20	330	110.00	


Mario Ramirez Dejo
 GERENTE GENERAL
 LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



MANUEL SEOANE N° 10240001 - LAMAYEQUE - CEL. 954853683
 E-Mail = manuelseoane@hotmail.com


OSCAR LIZQUINOS RODRIGUEZ
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 31330



LABORATORIO LINUS E.I.R.L.
SERVICIOS DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS
PAVIMENTOS, ASFALTOS Y ANALISIS DE MATERIALES DE CONSTRUCCION
RESOLUCION N° 031616-2019/DSD - INDECOPI
RUC. 20605369139

Tesis : EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CALLACATE – SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE, CUTERVO – 2021
Ubicación : Centro Poblado Valle Callacate - Sinchimache / Dist. Cutervo / Prov. Cutervo / Reg. Cajamarca
Material : Calicata N°. 03 (Comunidad Nuevo Porvenir el Espino)
Para Uso : Proyecto de Investigación (Diseño de Obras de Arte)
Perforación : Cielo abierto
Prof. Muestra : 1.00 - 1.50 mts
Fecha : 11 de Septiembre del 2021
Hecho por : Bach. Willar Herrera Rojas

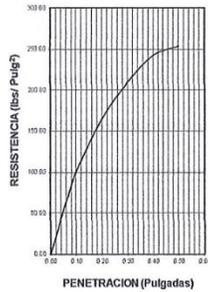
DATOS DEL PROCTOR

Densidad Máxima (gr/cm^3) 1.86
Humedad Optima (%) 12.38

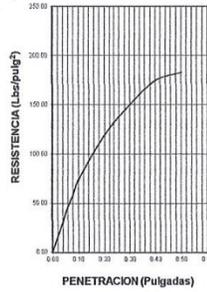
DATOS DEL C.B.R.

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%) 10.10
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%) 6.20

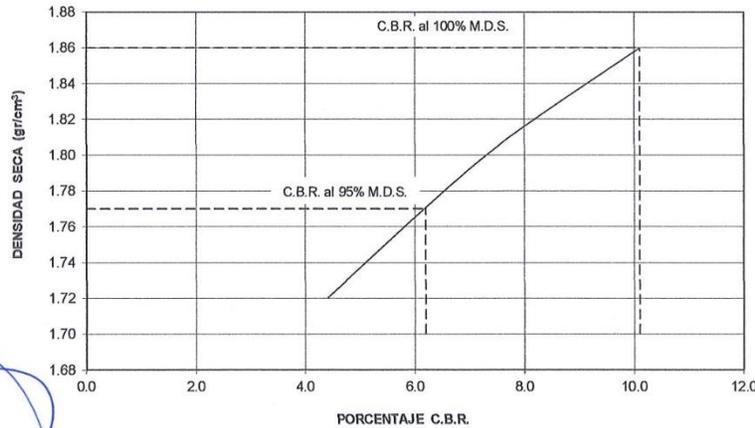
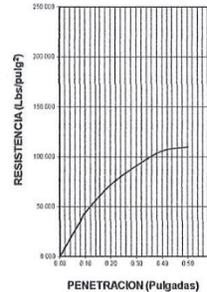
66 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



(Handwritten signature)

Mario Ramirez Dejo
GERENTE GENERAL
LABORATORIO LINUS E.I.R.L.



CALLE MANUEL SEOANE N° 17 - LA BAYEQUE - CEL. 954853683 - E-Mail = manulino@hotmail.com

(Handwritten signature)

OSCAR LUZQUIÑOS RODRIGUEZ
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 31338

Anexo 13: Precios y cantidades de recursos

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	0491087	EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL VALLE CAJAMARCA - SINCHIMACHE PARA EL DISEÑO DE OBRAS DE ARTE CUTERVO - EVALUACIÓN HIDROLÓGICA E HIDRÁULICA DEL CAMINO VECINAL				
Subpresupuesto	001					
Fecha	01/08/2016					
Lugar	060601	CAJAMARCA - CUTERVO - CUTERVO				
Código	Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA						
0147000032	TOPOGRAFO		hh	19.8488	19.23	381.69
0147010001	CAPATAZ		hh	2.0691	18.25	37.76
0147010002	OPERARIO		hh	1,183.3860	20.13	23,821.56
0147010003	OFICIAL		hh	1,053.5016	15.79	16,634.79
0147010004	PEON		hh	16,447.4493	14.20	233,553.78
0147010021	CAPATAZ "B"		hh	1.557.3844	17.31	26,958.32
						301,387.90
MATERIALES						
0201010019	MITIGACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL EN EL ÁREA DE LA		KM	7.0000	300.00	2,100.00
0201010021	SEÑALES INFORMATIVAS (CONSTRUCCIÓN E		und	31.0000	350.00	10,850.00
0201010023	EDUCACION AMBIENTAL, BOLETINES Y CHARLAS		mes	6.0000	300.00	1,800.00
0202000007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16		kg	397.8051	3.90	1,551.44
0202010005	CLAVOS PARA MADERA C/C 3"		kg	198.5743	7.00	1,390.02
0202010006	CLAVOS PARA MADERA C/C 3/4"		kg	714.9576	7.50	5,362.18
0202100010	PERNOS HEXAGONALES DE 3/4" x 3 1/2"		pza	9.0000	5.00	45.00
0202970002	ACERO DE REFUERZO FY=4200 GRADO 60		kg	4,169.0517	3.30	13,757.87
0203020002	ACERO CORRUGADO 0 3/8"		kg	214.4873	22.65	4,858.14
0205000003	PIEDRA CHANCADA DE 1/2"		m3	157.4559	101.69	16,011.69
0205010004	ARENA GRUESA		m3	121.3782	101.69	12,342.95
0205010019	MATERIAL SELECCIONADO EN OBRA		m3	14.8000	40.00	592.00
0205020020	PIEDRA MEDIANA		m3	19.3980	65.00	1,260.87
0205020021	PIEDRA GRANDE DE 8"		m3	67.1725	101.69	6,830.77
0209010039	ALCANTARILLA TMC, D=48"		m	31.0000	520.00	16,120.00
0209140036	ALCANTARILLA TMC, D=36"		m	18.6000	395.00	7,347.00
0213000006	ASFALTO RC-250		dlm	64.2330	17.50	1,124.08
0221000000	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5KG)		BOL	2,908.8230	23.50	68,357.34
0229030004	YESO (BOLSA DE 25 Kg)		BOL	0.7440	10.00	7.44
0230340006	MICRO ESFERA DE VIDRIO		kg	11.1510	5.25	58.54
0232000028	FLETE TERRESTRE PARA LA CARRETERA		GLB	1.0000	12,047.77	12,047.77
0232000054	PROGRAMA DE COMPENSACIÓN Y REASENTAMIENTO		GLB	1.0000	52,800.00	52,800.00
INVENTARIO / PACTO						
0232970004	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS		GLB	1.0000	42,800.00	42,800.00
0234000000	GASOLINA 84 OCTANOS		gln	64.1258	12.00	769.51
0238000000	HORMIGON		m3	148.1360	90.00	13,332.24
0238000004	HORMIGON (PUESTO EN OBRA)		m3	89.3697	110.00	9,830.67
0239050000	AGUA		m3	10.3456	5.00	51.73
0239060020	TIZA		BOL	178.7394	2.60	464.72
0239080044	REFORESTACION DE TALUDES		KM	7.0000	200.00	1,400.00
0239080045	RESTAURACION DE BOTADEROS		und	3.0000	3,000.00	9,000.00
0239080047	ACONDICIONAMIENTO DE CANTERAS		und	3.0000	2,000.00	6,000.00
0239900078	ACONDICIONAMIENTO DE PATIO DE MAQUINAS		GLB	1.0000	500.00	500.00
0239900101	CAMPAMENTO PROVISIONAL DE LA OBRA		mes	7.0000	500.00	3,500.00
0243000025	MADERA NACIONAL P/ENCOFRADO-CARP		p2	2,503.5876	5.20	13,018.66
0244000016	MADERA TORNILLO CEPILLADA		p2	248.7394	6.50	1,616.81
0244010000	ESTACA DE MADERA		p2	4.4604	4.50	20.07
0244030024	TRIPLAY DE 8 MM		m2	8.6400	70.00	604.80
0253100003	PETROLEO		gln	1,153.9376	10.17	11,735.55
0254020042	PINTURA ESMALTE SINTETICO		gln	0.4320	58.00	25.06
0254110090	PINTURA ESMALTE		gln	0.3720	35.00	13.02
0254110097	PINTURA ESMALTE DE TRAFICO		dlm	3.5619	59.50	211.93
0254440001	DISOLVENTE XIOL		gln	0.2549	38.75	9.88
0265220008	TUBERÍA DE PVC DE 8"		m	35.0000	28.00	980.00
						352,499.75
EQUIPOS						
0348040037	CAMION VOLQUETE 15 M3.		hm	16.0032	110.00	1,760.35
0348080000	MOTOBOMBA 10 HP 4"		hm	5.4919	6.00	32.95
0348120002	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 2,000 GAL.		hm	5.4918	120.00	659.02
0348220006	EQUIPO PARA PINTAR MARCAS EN EL PAVIMENTO		hm	0.3186	25.00	7.97
0349020093	VIBROPISONADOR TIPO CANGURO		hm	38.0183	18.00	684.33
0349040021	RETROEXCAVADOR S/LLANTAS 58 HP 1 YD3.		hm	17.3693	100.00	1,736.93
0349040033	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP		hm	3,114.8156	180.00	560,666.81
0349040091	CARGADOR FRONTAL 3.5 YD3		hm	4.0007	180.00	720.13
0349070004	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		hm	97.9713	15.00	1,469.57
0349090000	MOTONIVELADORA DE 125 HP		hm	136.5243	180.00	24,574.37
0349100007	MEZCLADORA CONCRETO TAMBOR 18HP 11P3		hm	111.0762	20.00	2,221.52
0349100009	MEZCLADORA CONCRETO TROMPO 18HP 7P3		hm	20.6912	25.00	517.28
0349190001	ESTACION TOTAL INC. ACCESORIOS		hm	19.8484	19.13	379.70
0349880002	NIVEL TOPOGRAFICO, INC. ACCESORIOS		hm	19.8488	12.00	238.19
						595,669.12
Total					S/.	1,249,556.77