

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño hidráulico de una captación para el sistema de riego de la Junta
La Pucareña - El Tambo, provincia de Loja.

PROYECTO DE GRADUACIÓN

Previo la obtención del Título de:

**Magister en Ingeniería Civil,
Con mención en Construcción y Saneamiento**

Presentado por:

Jorge Luis Jaramillo Condolo

Luis Byron Torres Jiménez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

DEDICATORIA

En este momento de culminación, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que, con su guía, apoyo y amor, han sido fundamentales en la consecución de este logro académico.

Dedico en primer lugar a mi padre, Raúl Jaramillo, cuya fortaleza, ejemplo y confianza en mis capacidades han sido la base de mi motivación y perseverancia. Gracias por ser mi inspiración constante y por tu apoyo incondicional.

A mi madre, Rosa Condolo, por su apoyo constantes, amor y palabras de aliento.

Gracias por ese apoyo incondicional y cariño.

A Cisne, por su amor incondicional, paciencia y compañía. Gracias por estar siempre a mi lado, brindándome motivación en los momentos más difíciles.

A mis hermanos y sobrinos, por su cariño, que me han inspirado a seguir avanzando hacia mis metas y sueños.

Gracias a todos por su amor, confianza y apoyo. Este logro también es de ustedes.

Jorge Luis Jaramillo Condolo

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a mis queridos padres, quienes con su amor, sacrificio y enseñanzas fueron la base de mi formación; a mis hermanos, por su apoyo incondicional y compañía en cada etapa de mi vida; a mi esposa, por su paciencia, comprensión y motivación constante; y a mis hijos, quienes son mi mayor inspiración para seguir superándome cada día.

Luis Byron Torres Jiménez

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral y en especial a la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra por habernos dado la oportunidad de ser parte de este importante programa de maestría.

Agradecimiento finito al Ing. Cristian Alfonso Salas Vázquez, M. Sc, director del presente trabajo, por su valioso aporte y orientación.

A mis amigos y compañeros de promoción, por haber compartido el tiempo de estudio, en el cual se compartió y aprendió de ellos.

Jorge Luis Jaramillo Condolo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL) por brindarme la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución. De igual manera, expreso mi gratitud a los docentes, quienes con su dedicación y conocimientos contribuyeron significativamente a mi desarrollo profesional. Un agradecimiento especial al Ing. Cristian Alfonso Salas Vázquez, M. Sc director del presente trabajo por su valiosa guía, paciencia y compromiso durante este proceso académico y finalmente, a mis compañeros de maestría, con quienes compartí experiencias, esfuerzos y aprendizajes que enriquecieron este camino y lo hicieron verdaderamente inolvidable.

Luis Byron Torres Jiménez

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Jorge Luis Jaramillo Condolo y Luis Byron Torres Jiménez acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de derechos de autor del proyecto de graduación corresponderá a los autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique a los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 19 de noviembre del 2025.

Jorge Luis Jaramillo Condolo

Luis Byron Torres Jiménez

EVALUADORES

Ing. Fernanda Mejía Peralta, M.Sc.

Profesor de Materia

Ing. Samantha Jiménez Oyola, Ph.D.

Profesor de Materia

Ing. Cristian Alfonso Salas Vázquez, M.Sc.

Tutor de proyecto

RESUMEN

La gestión eficiente del agua es esencial para el desarrollo agrícola. La Junta La Pucareña perteneciente a El Tambo, ubicada en la provincia de Loja, Ecuador, enfrenta desafíos debido a la falta de infraestructura hidráulica. El presente proyecto se centra en el diseño hidráulico de una obra de captación para optimizar el uso del agua en sistema de riego, garantizando su distribución equitativa entre los usuarios. El diseño se basó en el análisis de datos topográficos y climáticos en la cuenca de captación La Palma, e información de la junta de riego, utilizando normas y técnicas para asegurar la viabilidad técnica del proyecto. Se evaluaron diversas alternativas de captación, seleccionando la opción más adecuada según su eficiencia y sostenibilidad. Finalmente, se realizó el diseño hidráulico de la opción más viable, utilizando normas y criterios de diseño y herramientas como AutoCAD y SIG para modelar la estructura hidráulica. Los resultados indican que el diseño propuesto permite una mejora significativa en la eficiencia del uso del agua, optimizando el uso del caudal disponible y reduciendo las pérdidas de agua. Esto mejora la productividad agrícola y fortalece la resiliencia de la comunidad frente a la variabilidad climática. Este proyecto no solo contribuye a la implantación progresiva de la infraestructura de riego en La junta de riego, también ofrece un modelo replicable para diferentes zonas rurales con problemas similares, contribuyendo a la sostenibilidad hídrica y al desarrollo agrícola regional.

Palabras clave: microcuenca, riego, captación, sostenibilidad, diseño hidráulico.

ABSTRACT

The La Pucareña Irrigation Board, located in El Tambo, Loja Province, Ecuador, faces ongoing challenges due to the absence of hydraulic infrastructure. This project focuses on the hydraulic design of a water intake structure aimed at optimizing irrigation efficiency and ensuring equitable distribution among users. The design was developed through a detailed analysis of topographic and climatic data from the La Palma catchment area, complemented by technical information provided by the irrigation board. National and international standards were applied to guarantee the project's technical feasibility. Several intake alternatives were assessed, selecting the most suitable option based on efficiency and sustainability criteria. The final design was developed using recognized design standards and specialized tools such as AutoCAD and GIS for hydraulic modeling. Results demonstrate that the proposed design significantly improves water use efficiency by optimizing available flow and reducing losses. This, in turn, enhances agricultural productivity and strengthens community resilience to climate variability. Beyond providing a foundation for the gradual implementation of irrigation infrastructure within the La Pucareña system, the project also serves as a replicable model for other rural areas facing similar challenges contributing to water sustainability and regional agricultural development.

Keywords: micro-basin, irrigation, intake structure, sustainability, hydraulic design.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
ÍNDICE DE PLANOS.....	XI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	13
1.INTRODUCCION.....	13
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Localización.....	15
1.3 Estudios previos.....	16
1.4 Definición del problema.....	17
1.5 Justificación.....	18
1.6 Objetivos.....	19
1.6.1 Objetivo General.....	19
1.6.2 Objetivos Específicos.....	19
CAPÍTULO 2.....	20
2. Desarrollo del proyecto.....	20
2.1 Marco conceptual.....	20
2.1.1 Gestión del agua y recursos hídricos.....	20
2.1.2 Obras de captación.....	21
2.1.3 Estado del arte.....	25

2.1.4	Consideraciones sociales y ambientales.....	30
2.2	Marco metodológico.....	30
2.2.1	Metodología para el primer objetivo específico: Recopilación de información base de la Junta Pucareña - El Tambo.....	30
2.2.2	Metodología para el primer segundo objetivo específico: Revisión bibliográfica de alternativas de captación de agua.....	31
2.2.3	Metodología para el tercer objetivo específico: Diseño hidráulico detallado de la obra de captación de agua para riego.....	33
CAPÍTULO 3.....		48
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
3.1	Resultados del primero objetivo específico.....	48
3.1.1	Análisis de información de la Junta de riego La Pucareña – El Tambo.....	48
3.2	Resultados del segundo objetivo específico.....	53
3.2.1	Análisis de alternativas de captación de agua para riego.....	53
3.2.2	Análisis ambiental.....	56
3.3	Resultados del tercer objetivo específico.....	66
3.3.1	Análisis hidrológico para el diseño de la obra de captación.....	66
3.3.2	Diseño de captación de rejilla de fondo.....	77
3.3.3	Diseño del desripiador.....	82
3.3.4	Diseño de azud.....	84
3.3.5	Diseño del canal hacia el desarenador.....	87
3.3.6	Diseño del desarenador.....	89
3.3.7	Curva de descarga (h–Q) de la rejilla para distintos niveles de agua.....	90
CAPÍTULO 4.....		92
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		92
	Conclusiones.....	92
	Recomendaciones.....	93
BIBLIOGRAFÍA		94

PLANOS..... 100

MEMORIA TÉCNICA 105

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association for Corrosion Engineer
SCS	Soil Conservation Service
HWL	High Water Level
LWL	Low Water Level
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
USBR	United States Bureau of Reclamation
INAMHI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología
INEFAN	Instituto Ecuatoriano Forestal y Áreas Naturales y Vida Silvestre
LORH	Ley Orgánica de Recursos Hídricos del Ecuador
IDF	Curva de Intensidad Duración y Frecuencia
CN	Número de curva

SIMBOLOGÍA

m	Metro
Q	Caudal, en m ³ /s.
n	Coefficiente de rugosidad de Manning
S	Pendiente longitudinal, en %.
y	Tirante normal, en m.
A	Área hidráulica, en m ²
V	Velocidad media, en m/s
Fr	Número de Froude
g	Aceleración de la gravedad, en m/s ²
Tr	Tiempo de retorno, en años
I _{Tr}	Intensidad máxima para el periodo de retorno, en mm/h
t	Duración de lluvia, en horas
I _{dTr}	Intensidad máxima diaria para el periodo de retorno, en mm/h
I	Intensidad de precipitación, en mm/h
C	Coefficiente de escorrentía

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Ubicación geográfica de la microcuenca La Palma, parroquia El Tambo.....	16
Figura 2.1 Sección transversal de una toma por bombeo.	22
Figura 2.2 Esquema de captaciones laterales. (Mery, 2000).....	23
Figura 2.3 Tomas laterales con flujo transversal. (ANA, 2010).....	24
Figura 2.4 Tomas con rejillas de fondo. (Monroy & Montaña, 2015)	24
Figura 2.5 Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.	36
Figura 2.6 Modelo geoespacial para conseguir el número de curva	41
Figura 2.7 Curva de duración de caudales.	42
Figura 2.8 Zonificación de intensidades de la demarcación del Santiago. (INAMHI, 2019)	44
Figura 3.1 Topografía del proyecto.....	51
Figura 3.2 Microcuenca de captación La Palma.....	51
Figura 3.3 Curva hipsométrica de la microcuenca La Palma.....	53
Figura 3.4 Celda relación impacto y magnitud.....	62
Figura 3.5 Análisis de doble masa de la estación Catamayo.	67
Figura 3.6 Distribución espacial-temporal de la precipitación de la microcuenca La Palma.	69
Figura 3.7 Curva de duración general - Caudal de autorizado	71
Figura 3.8 Ajuste gráfico para la estación de La Argelia.	73
Figura 3.9 Ajuste gráfico para la estación de Malacatos	73
Figura 3.10 Ajuste gráfico para la estación de Catamayo	74
Figura 3.11 Ajuste gráfico para la estación de Gonzanamá	74
Figura 3.12 Curvas de IDF	76
Figura 3.13 Hietograma de intensidades ara un TR = 50 años	76
Figura 3.14 Perfil longitudinal del eje de la galería	80
Figura 3.15 Perfil Creager calculado mediante Bureau of Reclamation (USBR).....	85
Figura 3.16 Sección del canal hacia al desarenador.....	87
Figura 3.17 Curva de descarga (h–Q) de la rejilla para distintos niveles de agua.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Categorización general de sistemas de riego. FAO (2021)	21
Tabla 2.2 Estaciones meteorológicas usadas para el análisis hidrológico de la cuenca de aporte de la captación.	36
Tabla 2.3 Grupos hidrológicos del suelo (SCS, 1964 en Bradbury et al., 2000).....	39
Tabla 2.4 Clasificación de grupos hidrológicos del suelo.	40
Tabla 3.1 Autorización de uso de agua.	49
Tabla 3.2 Área de riego y caudal requerido.....	50
Tabla 3.3 Parámetros morfométricos de la microcuenca de captación.	52
Tabla 3.4 Método de Puntuación Ponderada y selección de alternativas de Captación de agua de riego.....	54
Tabla 3.5 Impactos ambientales de las actividades de construcción.	58
Tabla 3.6 Impactos ambientales de las actividades al entregar el proyecto	59
Tabla 3.7 Impactos ambientales por actividades de operación y mantenimiento.	60
Tabla 3.8 Interacciones existentes para el proyecto.....	63
Tabla 3.9 Evaluación del Índice de impacto ambiental	64
Tabla 3.10 Medidas de prevención ambientales	65
Tabla 3.11 Análisis de confiabilidad de datos meteorológicos y Coeficiente de determinación R^2	67
Tabla 3.12 Precipitación media mensual generada para la microcuenca La Palma (mm).	68
Tabla 3.13 Caudales medios mensuales generados por el método del número de curva ara la microcuenca La Palma (L/s).....	70
Tabla 3.14 Caudal mínimo para la Quebrada La Palma.....	71
Tabla 3.15 Caudales aforados, autorizados y generados del estudio hidrológico para la Quebrada La Palma	72
Tabla 3.16 Ajuste Kolmogórov-Smirnov $\alpha=10\%$	75
Tabla 3.17 Precipitación máxima en 24 horas de las estaciones analizadas, para diferentes T_r	75
Tabla 3.18 Precipitación máxima en 24 horas para el proyecto, para diferentes T_r	76
Tabla 3.19 Caudales de máxima crecida par diferentes periodos de retorno.....	77
Tabla 3.20 . Diseño de la rejilla de fondo mediante el método de Krochin (1986).....	79
Tabla 3.21 Pérdidas por fricción y velocidad en la galería de captación según Zamarin	81

Tabla 3.22 Resumen del diseño de la galería	81
Tabla 3.23 Resumen del diseño del desripiador.....	82
Tabla 3.24 Resumen del diseño del perfil Creager para la captación de rejilla de fondo	86
Tabla 3.25 Resumen del diseño del canal desde el desripiador desarenador hacia el desarenador	88
Tabla 3.26 Resumen del diseño del desarenador.	89

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1. Topografía del sitio de captación	101
Plano 2. Implantación de la obra de captación	102
Plano 3. Planimetría y detalles constructivos de la obra de captación	103
Plano 4. Cortes y detalles constructivos de la obra de captación	104

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Autorización de uso y aprovechamiento de agua para riego de la Junta Pucareña – El Tambo, según la resolución 10817 – 2023 – A.....	139
Anexo 2. Estadística de precipitación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis hidrológico.....	148
Anexo 3. Análisis de consistencia de datos de las estaciones meteorológicas por método de la curva de doble masa.....	153
Anexo 4. Estadística de precipitación media para la microcuenca La Palma mediante el Método U.S.National Weather Service.	159
Anexo 5. Número de curva para la microcuenca La Palma	160
Anexo 6. Estadística de caudales medios mensuales generados para la microcuenca La Palma mediante el método del número de curva.....	162
Anexo 7. Estadística de precipitaciones máximas en 24 horas para el cálculo de crecidas máximas mediante el método de Gumbel.....	163
Anexo 8. Estadística de precipitaciones máximas en 24 horas para el cálculo de crecidas máximas mediante el uso del software Hydrognomon.....	165
Anexo 9. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las estaciones meteorológicas	167
Anexo 10.Caudal de máxima crecida método de V.T. Chow	169
Anexo 11.Caudal de máxima crecida método de método del Hidrograma Sintético de Snyder.....	170
Anexo 12.Caudal de máxima crecida método diagrama triangular	171
Anexo 13.Valores de IDF, para diferentes periodos de retorno	173
Anexo 14.Aforo de caudales de la quebrada La Palma por método del molinete hidráulico ...	174
Anexo 15.Aforo de caudales de la quebrada La Palma por método del flotador.....	175
Anexo 16.Registro fotográfico del aforo de caudales de la quebrada La Palma	176
Anexo 17.Registro fotográfico del levantamiento topográfico del sitio de captación	178
Anexo 18.Coordenadas del perfil tipo Creager	179
Anexo 19.Línea base medio ambiental.....	181
Anexo 20.Análisis de precios unitarios	184

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCION

Considerada esencial para la vida, el agua se usa en el desarrollo de varias actividades, con un enfoque especial en la agricultura, sector que concentra más del 70% del consumo mundial del recurso hídrico (FAO, 2021). Por ejemplo, en diferentes regiones andinas en el sur del Ecuador es fundamental disponer del agua para actividades como el riego, el cual es un criterio concluyente en la cosecha agrícola, la seguridad alimentaria y a su vez también en la mejora el bienestar integral de todas las localidades rurales (Márquez Díaz et al., 2024). Sin embargo, la desmesurada presión que existe sobre las fuentes hídricas, debido al cambio climático y a una gestión precaria en los sistemas de toma y repartición de agua, ha generado consigo problemas de escasez y conflictos por el uso de este recurso (Mekonnen y Hoekstra, 2020).

En este contexto, la Junta de Regantes La Pucareña, ubicada en El Tambo, parroquia de la provincia de Loja, enfrenta limitaciones en la infraestructura de riego, principalmente en la captación del agua de manera técnica y sostenible. La ausencia de infraestructura hidráulica repercute en pérdidas de agua, riego ineficaz y disminución del rendimiento agrícola, afectando directamente a la economía local y al desarrollo productivo de la zona (Mora-Chacón et al., 2022).

El presente proyecto busca responder a esta problemática mediante un diseño hidráulico de una obra de captación que permita el aprovechamiento del recurso hídrico, garantizando su distribución equitativa entre los usuarios del sistema de riego. Este estudio no solo contribuye a fortalecer la distribución eficiente comunitaria del agua, sino que también aporta a la implementación de infraestructuras que se adapten a la incertidumbre climática (UNESCO, 2022).

El enfoque general es realizar el diseño de una toma fondo para el método de riego de la Junta La Pucareña, incorporando criterios técnicos e hidráulicos que aseguren la sostenibilidad del recurso. Como objetivos específicos, se plantea recopilar información base, analizar alternativas de obras de captación adaptadas a las condiciones y particularidades zonales de la ubicación donde se realiza el estudio y se realice un diseño constructivo detallado de una obra de toma.

El alcance del proyecto se circunscribe a la zona de influencia de la junta La Pucareña – El Tambo, considerando parámetros hidrológicos, hidráulicos y topográficos propios de la región

Este trabajo involucra cinco apartados: el primero, abarca el marco introductorio, antecedentes y justificación; el segundo, presenta la fundamentación teórica; el tercero, describe la metodología aplicada; el cuarto, expone los resultados del diseño hidráulico; y el quinto, incluye las conclusiones y recomendaciones derivadas del estudio.

1.1 Antecedentes

La operación eficiente de los recursos hídricos se considera uno de los desafíos fundamentales del siglo XXI, especialmente en el ámbito agrícola, dado que este sector gasta alrededor del 72% del agua dulce global (FAO, 2021). En América Latina, la agricultura de riego se ha transformado en el pilar fundamental que responde a la seguridad alimentaria e impulsa la competitividad de los pequeños productores, quienes dependen de infraestructuras adecuadas para aprovechar estos recursos de manera sostenible (CEPAL, 2020). Sin embargo, diversos estudios avalan la limitación administrativa y técnica del abastecimiento de riego en la región, generando pérdidas significativas de agua y reducciones en la productividad agrícola (Molden et al., 2018).

En Ecuador, se estima que alrededor del 40% del agua que se destina al riego es desperdiciada por deficiencias en los sistemas de captación, conducción y distribución (SENAGUA, 2019). Investigaciones previas han identificado que muchas de las juntas de regantes carecen de diseños hidráulicos actualizados, lo que repercute en una distribución desigual del recurso y en la reducción de la eficiencia de riego (Cruz-Arevalo et al., 2021). Estos vacíos han motivado la necesidad de estudio de investigación y diseño que reconozcan las condiciones particulares de cada territorio.

En la provincia de Loja, se establece que la situación se agrava debido a la topografía montañosa, la estacionalidad de las lluvias y a su vez también la presión que existe sobre las microcuencas hidrográficas (Eguiguren Velepucha et al., 2022). La Junta La Pucareña – El Tambo, la cual se encuentra ubicada en la parroquia El Tambo, constituye un claro ejemplo que existe sobre estas limitaciones, ya que actualmente no se cuenta con infraestructura hidráulica lo que impiden un aprovechamiento óptimo del caudal disponible.

El desarrollo de nuevas propuestas de diseño hidráulico de captaciones se enmarca en la evolución de la ingeniería de riego, que ha transitado desde soluciones tradicionales

hacia infraestructuras más resilientes y adaptadas a la variabilidad climática (UNESCO, 2022). Por tanto, este proyecto justifica la necesidad de llenar el vacío técnico, contribuyendo a la eficiencia hídrica y al fortalecimiento de la producción agrícola de las comunidades rurales.

1.2 Localización

El presente proyecto se desarrolla en Loja, provincia al sur del Ecuador, en El Tambo, parroquia del cantón Catamayo. Esta zona se caracteriza por su topografía montañosa y quebrada, lo que condiciona la disponibilidad y aprovechamiento de las reservas de agua.

La microcuenca de la quebrada, La Palma, se ubica en la parroquia el Tambo en las coordenadas: norte: 9551810,17 m y 9548397,45 m; este: 697055,55 m y 694185,82 m. El clima es templado-seco, con un promedio de 18°C de temperatura y una precipitación cercana a 900 mm, que distribuye de manera irregular anualmente, lo que genera periodos de estiaje y necesidad de riego tecnificado (INAMHI, 2022).

Desde el enfoque hidrológico, el lugar de captación se abastece especialmente de escorrentías superficiales que provienen de los afluentes secundarios y principales, los cuales presentan una marcada estacionalidad influenciada por el régimen pluviométrico de la región andina. Esta condición resalta la importancia de contar con una obra de captación diseñada técnicamente para garantizar un suministro constante y eficiente (FAO,1992). En la Figura 2.1, se observa una vista aérea georreferenciada del área donde se realizó el estudio.

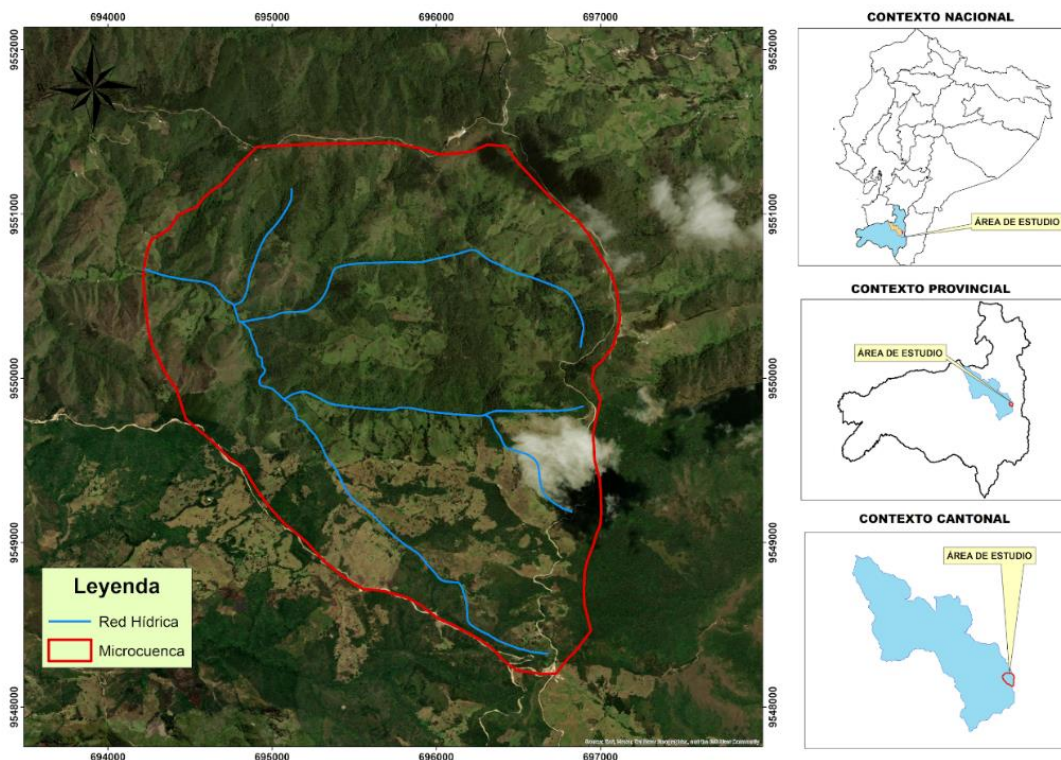


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la microcuenca La Palma, parroquia El Tambo

Fuente: Cartografía escala 1:50000 del IGM, 2025

1.3 Estudios previos

Para el desarrollo de un diseño hidráulico de captación es indispensable contar con información preliminar que permita definir el estado físico, hidrológico y social del espacio de intervención. Estos estudios constituyen la base para establecer la viabilidad técnica del proyecto y garantizar que el diseño propuesto satisfaga las necesidades de la colectividad y a las particularidades del entorno. De acuerdo con la FAO (FAO, 2020). La recopilación de datos previos en proyectos de riego es fundamental para asegurar la sostenibilidad del recurso hídrico y reducir riesgos de fallas en la infraestructura.

En el caso de la Junta de Regantes La Pucareña – El Tambo, la información proporcionada incluyó registros sobre el caudal autorizado de fuente de agua, número de usuarios beneficiarios del sistema y requerimientos de riego. Estos datos permitieron identificar la magnitud del área de riego y las limitaciones actuales en la captación.

Por otra parte, se realizó un proceso de recopilación de información complementaria mediante revisión bibliográfica, análisis de cartografía y trabajo de campo. En el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2022) se encontró información sobre

datos climáticos y pluviométricos de la zona. Por otro lado, la topografía del terreno fue verificada mediante visitas in situ y con el uso de herramientas de georreferenciación digital. Además, con el uso de los sistemas de información geográfica (SIG), permitió delimitar la microcuenca de aporte y precisar la ubicación del punto de captación (Chow et al., 2017).

En conjunto, esta información preliminar aportó los insumos necesarios para estructurar el diseño hidráulico, integrando tanto los requerimientos de la Junta de usuarios como los parámetros técnicos y ambientales del área de estudio. De esta manera, se asegura que el proyecto responda a las condiciones locales, contribuyendo a una gestión hídrica más eficiente y resiliente.

1.4 Definición del problema

La disponibilidad y gestión del agua para riego se establece como uno de los desafíos principales en la agricultura de montaña en países andinos como Ecuador. Aunque este sector depende fuertemente de los sistemas de irrigación de agua para mantener el rendimiento, gran parte de las infraestructuras comunitarias presentan deficiencias técnicas que impiden un aprovechamiento eficiente del recurso (FAO, 2021). Según la Secretaría Nacional del Agua, aproximadamente el 40% del agua destinada a riego en el Ecuador se pierde por ineficiencias en captación y distribución (SENAGUA, 2019).

En Loja, provincia ecuatoriana especialmente en la parroquia El Tambo, las limitaciones de los sistemas de captación afectan de manera significativa a la Junta de Regantes La Pucareña, cuyos usuarios dependen de un caudal limitado y obras de captación rudimentarias para garantizar la producción agrícola de subsistencia y comercial. Los problemas más evidentes son la pérdida de agua por filtraciones y la inexistencia de obras hidráulicas, lo que compromete tanto la equidad en la distribución como la sostenibilidad del recurso (Eguiguren Velepucha et al., 2022).

Las consecuencias de esta situación son múltiples: reducción de la productividad agrícola, incremento de la vulnerabilidad económica de los pequeños productores y presión sobre las fuentes hídricas locales. Además, la falta de obras en la Junta limita la adaptabilidad de la comunidad frente a la volubilidad climática, caracterizada por lluvias intensas en periodos cortos y prolongadas sequías (Mekonnen y Hoekstra, 2020).

Las principales causas identificadas incluyen: ausencia de diseños hidráulicos adecuados, uso de tecnologías de captación empíricas no adaptadas a la topografía ni a las características hidrológicas de la zona. Ante este escenario, se plantea la urgencia

de una planificación de ingeniería hidráulica de captación que optimice el uso del recurso hídrico, reduzca las pérdidas y fortalezca la seguridad acuática de la comunidad usuaria. Este proyecto se delimita específicamente a la Junta La Pucareña ubicada en El Tambo, parroquia del cantón Catamayo en Loja, provincia del Ecuador, que busca dar respuesta a un problema técnico concreto cuya solución permitirá mejorar la optimización de riego y la sustentabilidad agrícola local.

1.5 Justificación

La problemática identificada en la Junta de Regantes La Pucareña – El Tambo refleja una situación recurrente en muchos sistemas comunitarios de riego en el Ecuador: la captación ineficiente del recurso hídrico y las pérdidas asociadas que limitan la productividad agrícola y la seguridad alimentaria local (FAO, 2021). Resolver esta problemática es fundamental porque el diseño hidráulico de una captación adecuada no solo garantiza el uso eficiente del agua, sino que también fortalece la resiliencia de la comunidad frente a la variabilidad climática y el estrés hídrico (UNESCO, 2022).

Desde del enfoque de la ingeniería, el proyecto mantiene una utilidad práctica inmediata, ya que permitirá contar con una infraestructura optimizada que reduzca pérdidas, mejore la distribución del caudal y aumente la eficiencia del sistema de riego. Esto se traduce en beneficios económicos directos para los agricultores debido a la eficiencia de productividad del cultivo y, a largo plazo, en la sostenibilidad de las actividades agrícolas (Molden et al., 2018).

El impacto social se centra en aumentar al bienestar de los hogares agricultores de la parroquia El Tambo, quienes dependen directamente del riego para su seguridad alimentaria y sus ingresos. A nivel ambiental, el proyecto promueve la sostenibilidad del agua, minimizando la presión sobre las fuentes hídricas locales y contribuyendo a la conservación de microcuencas.

Asimismo, esta propuesta se alinea con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como: el 2° ODS “Hambre Cero” al maximizar la productividad agrícola; el 6° ODS “Agua limpia y saneamiento” al fomentar la correcta administración del recurso; y el 13° ODS “Acción por el clima” al fortalecer la resiliencia frente a la variabilidad climática.

Finalmente, aunque se enfoca en la Junta La Pucareña, el modelo de diseño propuesto puede ser replicado en otras comunidades rurales de características similares, contribuyendo al desarrollo sostenible regional y nacional.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Realizar el diseño hidráulico de una obra de captación para el sistema de riego de la Junta La Pucareña – El Tambo, provincia de Loja, mediante el análisis de información base, evaluación de alternativas y desarrollo del diseño detallado para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico y el fortalecimiento de la infraestructura de riego.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Obtener datos de partida (topografía, hidrometeorológica, permisos de uso y aprovechamiento del agua, padrón de usuarios, demanda y tecnologías de captación) para el diseño de una solución técnica de captación de agua de riego para la Junta La Pucareña – El Tambo, provincia de Loja.
- Evaluar alternativas de captación para el sistema de riego de la Junta La Pucareña – El Tambo, a través de un análisis de viabilidad mediante criterios técnicos, económicos, sociales y ambientales.
- Realizar el diseño hidráulico de una alternativa de captación, adaptada a las condiciones hidrometeorológicas y topográficas, que incluya planos constructivos, especificaciones técnicas, presupuesto referencial, cronograma de ejecución y memoria técnica de la obra de captación para el sistema de riego de la Junta Pucareña – El Tambo, provincia de Loja.

CAPÍTULO 2

2. DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 Marco conceptual

El diseño hidráulico de una captación para un sistema de riego constituye un proceso técnico que integra principios de la ingeniería hidráulica, la hidrología aplicada, la agronomía y la sustentabilidad de las reservas de agua. La captación es la obra inicial de un sistema de riego y se define como la infraestructura destinada a derivar y conducir una porción del caudal de un cuerpo de agua hacia los usuarios agrícolas (Mays, 2019). Su correcto dimensionamiento garantiza la eficiencia, sostenibilidad hídrica y la seguridad operativa de las comunidades dependientes del este recurso como base productiva.

En este marco, resulta imprescindible construir un marco conceptual que articule las nociones generales de recursos hídricos, sistemas de riego, captaciones hidráulicas y metodologías de diseño, para posteriormente llegar a la aplicación específica en el caso de la Junta La Pucareña – El Tambo, provincia de Loja.

2.1.1 Gestión del agua y recursos hídricos

Agua, es el recurso clave en la inocuidad alimentaria y en la sustentabilidad. La administración de las fuentes de agua se concibe como el conjunto de acciones orientadas a planificar, desarrollar, distribuir y administrar el uso del agua, considerando criterios de equidad, eficacia y sustentabilidad (UNESCO, 2022). En el Ecuador, la gerencia del agua para riego está regulada por la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua (2014), la cual ha reconocido que el agua es un derecho y un bien público por lo que es inalienable.

Los sistemas de riego usan aproximadamente un 70% del uso de agua dulce que se extra a nivel mundial (FAO, 2021). En zonas rurales andinas, como Loja, estos sistemas son vitales para mantener la productividad agrícola, reducir la vulnerabilidad frente a sequías y ayuda al fortalecimiento económico de los hogares campesinos. La adecuada planificación de una captación asegura que el aprovechamiento del agua se realice de forma técnica, evitando conflictos sociales por la distribución del recurso.

2.1.1.1 Sistemas de riego

El método de riego se delimita al conjunto de trabajos de infraestructura hidráulica y prácticas agronómicas destinadas a suministrar agua a los cultivos de manera controlada (Chow, 2010). De acuerdo con la Tabla 2.1, estos sistemas se clasifican en:

- Riego superficial: comprende el riego por surcos, melgas y bordes, tradicionalmente usado en la región andina.
- Riego presurizado: incluye el riego por aspersión y goteo, con mayor eficiencia en el uso del agua.
- Riego subterráneo: menos difundido, pero con ventajas en zonas áridas.

En el contexto ecuatoriano, los métodos de riego comunitarios suelen ser de tipo superficial, con obras de captación en ríos o quebradas de montaña, seguidas de canales de conducción y distribución.

Tabla 2.1 Categorización general de sistemas de riego. FAO (2021)

Tipo de riego	Características principales	Eficiencia (%)
Superficial	Bajo costo inicial, mayores pérdidas por infiltración	30 – 50
Aspersión	Cobertura uniforme, sensible a vientos	60 – 75
Goteo	Alta eficiencia, mayor inversión inicial	80 – 95
Subterráneo	Tecnología avanzada, poco difundida	>90

2.1.2 Obras de captación

Obras de toma de agua, estas constituyen el punto de entrada de agua hacia un sistema de riego. Se clasifican en:

- Captación superficial: deriva agua directamente de un río o quebrada mediante bocatomas laterales o de fondo.
- Captación subterránea: a través de galerías filtrantes o pozos.
- Captación pluvial: mediante reservorios para almacenamiento de escorrentía.

El diseño de una bocatoma debe considerar variables hidrológicas (caudal disponible, caudal de diseño), hidráulicas (velocidades, pérdidas de carga), sedimentológicas

(transporte sólido) y ambientales (caudal ecológico). Según López y Pizarro (2017), una captación eficiente debe garantizar la entrega de agua en mayor cantidad y calidad suficiente, minimizando las pérdidas y el ingreso de sedimentos.

2.1.2.1 Captación superficial por derivación directa

Este tipo de estructuras son favorables cuando presentan buenas ventajas topográficas, hidrológicas y geotécnicas, así como, también las cotas de agua en la irrigación superan a las cotas de agua en la conducción, son especialmente útiles. La ubicación de este tipo de obra debe ser en segmentos lineales del cauce o en la curva del caudal afluente, ubicándose a cien centímetros por debajo del umbral mínimo registrado en el río. Una de las ventajas principales es que no se necesita azud (Rivas et al. 2005).

2.1.2.2 Captaciones de bombeo

Las tomas por bombeo se utilizan cuando no se cuenta con suficiente carga de agua que pueda garantizar la guía del agua, por lo que, minimiza la cantidad de sedimentos arrastrados. En este tipo de obra si la cota de agua es pequeña, y las fluctuaciones anuales oscilan entre 3 y 4 metros, se puede utilizar este tipo de toma de agua (Figura 2.1). Por su parte, si las variaciones son agrandadas en los niveles de agua se mejor utilizar perforaciones de toma ubicados en diferentes niveles para captar agua en la parte superior y que menore los sedimentos (Jo & Van Wijk, 2002, Smet & Wijk, 2002).

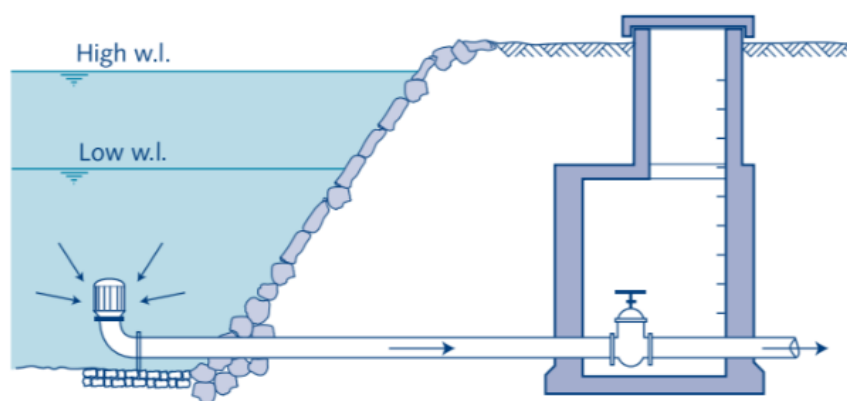


Figura 2.1 Sección transversal de una toma por bombeo.

2.1.2.3 Captaciones laterales

Cuando se quiere evitar que ingrese gran cantidad de sedimentos en condición de caudales reducidos, es recomendable utilizar captaciones laterales. Este tipo de obra está diseñado con ángulos de orientación con respecto a la ubicación del flujo. El azud, el cual permite derivar el agua debe ubicar de manera frontal al flujo del cauce (Figura 2.2). El punto de derivación se la debe colocar a los lados de río o quebrada y en especial en tramos rectos en ríos de cordillera (Mery, 2013).

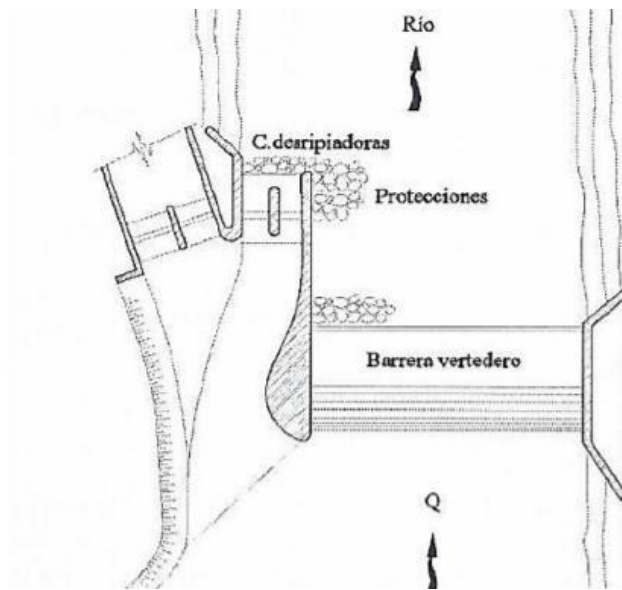


Figura 2.2 Esquema de captaciones laterales. (Mery, 2000)

2.1.2.4 Captación lateral con flujo transversal

Las captaciones laterales con flujo transversal son una estructura hidráulica diseñada y ubicada en la ribera de cauces que permiten derivar caudales hacia conducciones adyacentes mediante una abertura dispuesta de forma perpendicular o en un ángulo respecto al eje principal, generando un patrón de movimiento caracterizado por corrientes divididas, esto permite tomar agua limpia y permite el paso de los residuos sólidos naturales que se encuentran en lo profundo (Figura 2.3). Su ubicación por lo general es en secciones lineales en ríos de montaña de manera delantera y en las concavidades de las orillas (Al-Zubaidy & Hilo, 2022).

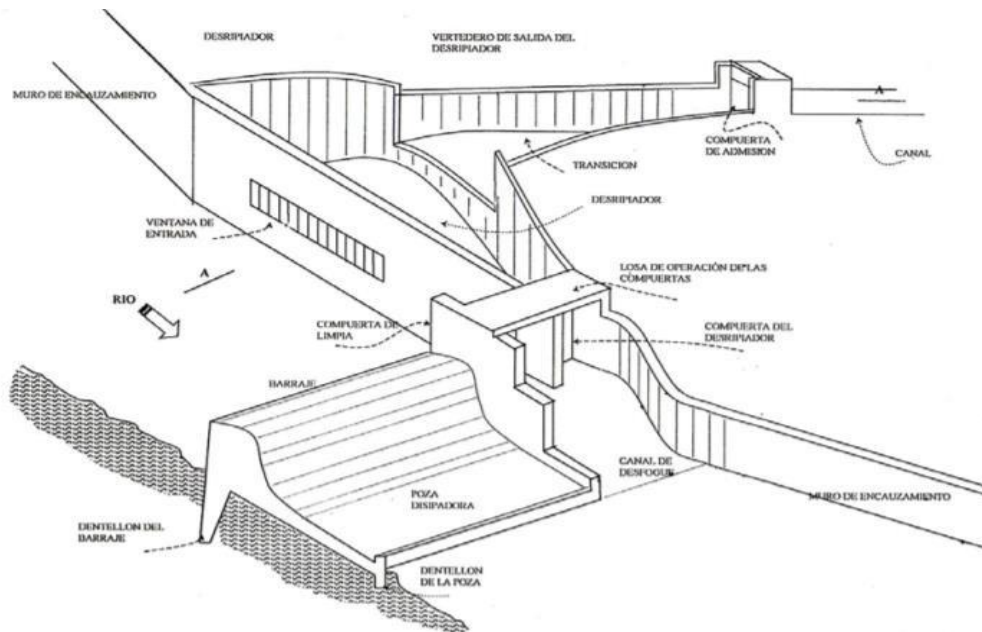


Figura 2.3 Tomas laterales con flujo transversal. (ANA, 2010)

2.1.2.5 Capacitaciones con rejilla de fondo

Cuando se presentan crecidas máximas en cauces de montaña donde el lecho transporta volumen elevado de sedimentos gruesos, se recurre a captaciones laterales con rejilla de fondo que desvían entre el 40 % y 70 % del caudal del cauce (Figura 2.4), garantizando además que el agua derivada esté libre de flotantes, raíces y canto rodados mediante la selección adecuada del diseño y el sistema de filtrado (Bouvard, 2017).

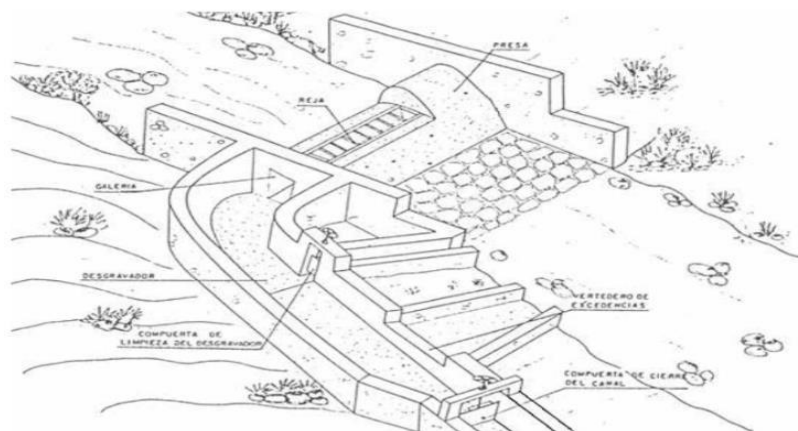


Figura 2.4 Tomas con rejillas de fondo. (Monroy & Montaña, 2015)

2.1.2.6 Principios de diseño hidráulico en captaciones

El diseño hidráulico de una captación se fundamenta en las siguientes etapas:

1. Determinación del caudal de diseño: basado en series históricas de caudales y demandas agrícolas.
2. Selección del tipo de bocatoma: según morfología del cauce, caudal y características geológicas.
3. Dimensionamiento de estructuras: rejilla de captación, desarenador, canal de aducción.
4. Consideraciones ambientales y sociales: respeto al caudal ecológico y participación de la comunidad.

Mays (2019) enfatiza que un diseño integral no solo debe garantizar la eficiencia hidráulica, sino también la sostenibilidad a largo plazo, considerando la fluctuación climática y las permutaciones en la demanda agrícola.

2.1.3 Estado del arte

A nivel mundial, el estudio de Mekonnen y Hoekstra (2011), se plantea en el marco de la creciente necesidad de cuantificar con precisión el uso de agua agrícola a escala global para informar políticas de seguridad hídrica y alimentaria. Los autores introducen el concepto de huella hídrica diferenciado en componentes verde es agua de lluvia acumulada en la superficie, azul es el agua sobre la tierra y bajo esta aplicada por riego y gris es el agua requerida para disolver impurezas y establecen como objetivo principal estimar espacialmente dichas huellas para 126 cultivos a alta resolución (5' × 5' arc minutes) durante el periodo 1996–2005. El propósito declarado es proporcionar una evaluación detallada y comparativa que permita identificar regiones y cultivos con mayor presión hídrica, apoyar la definición de benchmarks de huella hídrica y orientar medidas de gestión de riego y políticas comerciales que consideren la externalidad hídrica del comercio de productos agrícolas (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Metodológicamente, el trabajo emplea un modelo de balance hídrico espacialmente-explicito con paso diario que integra datos climáticos, suelos, prácticas de cultivo y

rendimiento potencial para medir la demanda y consumo real del agua por cada cultivo en cada celda de la rejilla. Para el componente azul consideraron prácticas de riego y disponibilidad de agua superficial/subterránea; para el componente gris incorporaron tasas de aplicación de fertilizantes y los requerimientos de dilución basados en estándares ambientales. Entre los principales resultados, los autores presentan mapas globales de huellas verdes, azules y grises por cultivo, identificando “hotspots” donde la huella azul es especialmente elevada (zonas con riego intensivo y escasa disponibilidad hídrica) y regiones donde las huellas grises son preocupantes por el uso intensivo de fertilizantes. El estudio concluye que grandes porciones de la producción mundial dependen significativamente de huella azul y que las políticas de gestión hídrica y modernización del riego deben priorizar áreas con alta huella azul para reducir vulnerabilidad y mejorar eficiencia. Además, propone la utilidad de estos datos para definir benchmarks y orientar estrategias de eficiencia hídrica a escala nacional y de cuenca. (Mekonnen & Hoekstra, 2011).

Por otro lado, también se destaca el estudio de Falkenmark y Rockström (2006), introducen un cambio de paradigma en la administración de recursos hídricos al proponer la integración de estos componentes de agua azul es superficial y subterránea, además del agua verde (humedad del suelo disponible para las plantas) como elementos inseparables en la planificación de la seguridad hídrica y alimentaria. El estudio surge en un entorno de creciente presión sobre el agua dulce y de la necesidad de enfoques más holísticos para vincular agua, agricultura y ecosistemas. Su objetivo principal es replantear los marcos de planificación de recursos hídricos, tradicionalmente enfocados en el agua azul, para incluir la función esencial del agua verde en la obtención agrícola de secano, que representa aproximadamente el 80% del área cultivada global. Con ello, los autores buscan fundamentar políticas globales de seguridad alimentaria más adaptativos frente al cambio climático y al limitado recurso hídrico (Falkenmark & Rockström, 2006).

La metodología se basa en un estudio conceptual y comparativo de balances hídricos globales, sustentado en estadísticas de uso del agua, proyecciones de demanda alimentaria y modelación simplificada de escenarios de producción agrícola bajo distintas disponibilidades de agua azul y verde. Los resultados demuestran que la seguridad alimentaria futura no puede garantizarse únicamente mediante el aumento del riego, pero limitado por la cantidad de agua azul, sino que debe centrarse en incrementar el

rendimiento del agua verde en áreas de cultivo de secano. Además, el estudio resalta la necesidad de adoptar tecnologías de conservación de humedad, gestión de cuencas y estrategias integradas que reduzcan la competencia entre agua para alimentos y agua para ecosistemas. Los autores concluyen que este paradigma ampliado permite una visión más realista de la disponibilidad hídrica global y aporta un marco innovador para políticas agrícolas y de desarrollo sostenible (Falkenmark & Rockström, 2006).

Por su parte, Libsekal Gebremariam y Haile (2022), mencionan que el riego por avenida constituye un sistema tradicional ampliamente empleado en zonas áridas y semiáridas para derivar caudales de crecida hacia áreas agrícolas, sin embargo, la experiencia registrada en Etiopía demuestra que tanto las estructuras tradicionales como las modernas presentan deficiencias en el control de la derivación y la gestión de sedimentos, generando pérdidas de agua y disminución de la productividad agrícola, por lo cual, el estudio está orientado a identificar alternativas de diseño hidráulico y estructural que incrementen la eficiencia en la captación de agua de avenidas, para lo cual, se recopilaron datos de campo y gabinete que incluyeron levantamientos topográficos en 591 metros de cauce, muestreo y análisis granulométrico de sedimentos, así como la estimación de caudales mediante la ecuación de Bathurst integrándose en el modelo Delft3d con el fin de simular patrones hidrodinámicos y morfodinámicos bajo escenarios que comprobaron compuertas de tres y cinco metros de ancho y ángulos de deflexión de ciento veinte y ciento cincuenta grados, evidenciándose en los resultados que la modificación geométrica de las tomas incrementa significativamente la eficiencia de reavivación, puesto que el aumento del ancho y el Ángulo de deflexión permitió duplicar el volumen captado con mejoras del 100 % sin generar acumulación de sedimento, lo que confirma la viabilidad técnica de adoptar diseños con mayor apertura y deflexión como estrategia de modernizar los sistemas de riego por avenida.

A nivel regional, Salazar y López (2018), este estudio forma parte del programa nacional denominado PRONAREC, implementado en Bolivia en conjunto con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID). El propósito clave que tuvo este programa fue mejorar la eficacia en la utilización del agua y enaltecer el rendimiento agrícola de pequeños productores, para esto se impulsó la edificación y reivindicación de métodos de riego comunitarios, complementados con asistencia técnica y el fortalecimiento de la gobernanza local alrededor del manejo de este recurso natural. La intervención buscaba transitar a una agricultura más sustentable y resiliente frente al calentamiento global,

fortaleciendo al mismo tiempo la administración del agua desde la escala de microcuencas (Salazar y López, 2018).

La metodología incluyó una evaluación de impacto rigurosa que comparó indicadores técnicos y de gestión entre comunidades beneficiarias del programa y un grupo de control. Se analizaron variables como cambios tecnológicos (adopción de riego interno, semillas certificadas), acceso a mercados, incremento del ingreso agrícola y fortalecimiento organizacional. Los resultados mostraron un aumento del área cultivada con riego en un 35-45 %, incremento en el ingreso agrícola entre USD 1 250-1 550 (60-70 %), y mejoras en la gobernanza, como registro normativo de juntas de regantes en un 50 % y manuales técnicos en un 42 %. El estudio concluye que combinar infraestructura comunitaria con asistencia técnica desencadena un efecto multiplicador en productividad, ingreso, y sustentabilidad del agua (Salazar y López, 2018).

También, el estudio Rocha López (2019), analiza la aceptación de procesos innovadores de riego presurizado (aspersión y gota) en el municipio de Cliza, altiplano boliviano, con una población agropecuaria similar a muchas comunidades andinas de Ecuador. Su objetivo fue evaluar cómo los componentes tradicionales de captación (como azudes y bocatomas) pueden integrarse con sistemas modernos de riego presurizado para elevar la gestión del uso del agua y la producción agrícola. El estudio busca identificar barreras técnicas y organizativas en la implementación de estas nuevas técnicas en entornos rurales andinos (Rocha López, 2019).

La metodología se basó en diagnóstico técnico participativo, levantamiento de información sobre estructuras de captación existentes y entrevistas con agricultores. Se evaluaron obstáculos como fugas, modificaciones no autorizadas, ausencia de filtros o diseño hidráulico, y falta de infraestructura de recogida. Entre los hallazgos, destacó que el factor más crítico fue la ausencia de sistemas de filtrado en 14 de 16 fincas evaluadas, afectando la eficiencia y longevidad del sistema. Se concluyó que para que el riego presurizado tenga éxito en zonas andinas, es imprescindible contar con diseño hidráulico adecuado, sistemas de filtrado, y capacitación técnica para los usuarios (Rocha López, 2019).

A nivel local, el estudio realizado por Romero Rueda (2023), se centra en probar la eficiencia y uniformidad del método de riego por aspersión instalado en la finca “Los

Manzanos” (0.8 ha) en la parroquia Mangahurco, zona caracterizada por condiciones climáticas y geográficas similares a El Tambo. El objetivo fue identificar las deficiencias técnicas en el sistema y proponer mejoras que aumenten su rendimiento agronómico. Los autores concluyeron que el sistema actual presenta fallas significativas que impactan negativamente en los rendimientos agrícolas.

La metodología incluyó una inspección técnica de los componentes del sistema, levantamiento topográfico para determinar la extensión regada y la longitud de redes de conducción/distribución, y medición de caudales con caudalímetro. Se evaluó la uniformidad de aplicación mediante caudales en emisores y presión con manómetro de glicerina, complementado con la preparación de un manual de uso y mantenimiento. Los resultados revelaron una uniformidad muy baja (34.72 %) y eficiencia general de apenas 27.39 %. Los autores estimaron que, con un rediseño técnico considerando la pendiente del terreno como factor clave, se podría alcanzar hasta un 75 % de uniformidad, con un costo aproximado de USD 3 401,92.

Además, también se destaca el trabajo de Torres Jiménez (2024), el cual se enfocó en el estudio de la eficacia del manejo en el canal principal del Sistema de Riego El Ingenio (SRI), construido en 1986, en Espíndola cantón de la provincia Loja. El objetivo fue diagnosticar el estado técnico del canal y cuantificar pérdidas por deterioro estructural, para generar recomendaciones que mejoren su desempeño hidráulico. El estudio reveló diferencias significativas entre secciones bien conservadas y otras con alta pérdida de agua.

La metodología incluyó inspección técnica en campo, identificación de obstrucciones y evaluaciones visuales del colchón amortiguador, grietas y asentamientos. Se usó micro molinete para aforos y mediciones de pérdidas volumétricas expresadas en $l\ s^{-1}\ km^{-1}$. Las secciones B y N mostraron eficiencia del 100 %, mientras que las secciones E I alcanzaron solo el 55 %, debido al deterioro. La eficiencia global promedio fue del 88.17 %, buena según la escala de Villavicencio, pero las secciones críticas requieren rehabilitación urgente para recuperar la capacidad operativa completa, coincidiendo con recomendaciones de la FAO sobre mantenimiento preventivo para prolongar la vida útil.

2.1.4 Consideraciones sociales y ambientales

El diseño hidráulico no puede desvincularse de la dimensión social y ambiental. La participación de las juntas de regantes en el planear, construir y operar la toma de agua es un factor clave para su sostenibilidad (Gleick, 2014). Asimismo, la normativa ecuatoriana exige respetar el caudal ecológico, entendido como el caudal mínimo necesario para preservar la biodiversidad acuática (MAE, 2015).

Integrar estas variables asegura que el proyecto cumpla no solo con objetivos técnicos, sino también con el 6° ODS “Agua limpia y saneamiento”, y 2° ODS “Hambre cero”, lo que refuerza su pertinencia en el marco de políticas internacionales de sostenibilidad.

2.2 Marco metodológico

El estudio se desarrolló utilizando la metodología estructural en tres etapas que permitieron garantizar la delineación hidráulica de la toma lateral de agua para irrigación de Junta La Pucareña - El Tambo. La primera etapa comprendió la recopilación y el estudio minucioso de información base del entorno, como datos topográficos, hidrometeorológicos, legales de la Junta, con el fin de tener una caracterización integral de la zona y que sea representativa para asegurar el diseño de la obra.

La segunda etapa consistió en revisar bibliografías para analizar las alternativas de captación de agua, mediante criterios económicos, sociales, ambientales y técnicos que permitieron establecer la viabilidad y sostenibilidad de cada opción, priorizando la opción que mejor se adapte a la topografía de la zona y las particularidades hidrológicas de la cuenca.

La tercera etapa correspondió al desarrollo diseño hidráulico detallado de la alternativa seleccionada, en el cual, se elaboraron los planos de la obra, requisitos técnicos, cálculo presupuestario, planificación de obra e informe técnico, de manera que la Junta de riego disponga de un documento técnico para gestionar la construcción de la obra.

2.2.1 Metodología para el primer objetivo específico: Recopilación de información base de la Junta Pucareña - El Tambo.

En esta etapa comprendió la recopilación y estudios de la información útil en la Junta de riego y en la microcuenca de captación, esto permitió tener insumos de partida para el

dibujo de la obra de toma de agua. Se analizó la topografía del sitio donde se pretende emplazar la obra, los datos meteorológicos principalmente precipitación que permitió determinar el caudal teórico de diseño. También se analizó la documentación legal de la Junta como autorización de agua y padrón de usuarios.

2.2.2 Metodología para el primer segundo objetivo específico: Revisión bibliográfica de alternativas de captación de agua.

En esta etapa se procedió a realizar la revisión bibliográfica relacionada con las diferentes alternativas de captación de agua utilizadas en proyectos de riego, con el propósito de identificar tecnologías viables que se adecuen a las condiciones de la comunidad y permitan un aprovechamiento eficientemente del recurso hídrico. Una vez recopilada y examinada la información, se procedió a la selección de la opción más adecuada mediante el método de puntuación ponderada, el cual permitió realizar una evaluación multicriterio considerando aspectos ambientales, social, económicos y técnicos, con el fin de establecer la solución más propicia.

Entre las alternativas identificadas en la provincia de Loja, empleada de manera recurrente en los sistemas públicos y comunitarios, se destacan aquella que han demostrado eficiencia en la captación y regulación de caudales, así como en la reducción de impactos sobre el entorno natural. La elección de la captación se fundamentó en el análisis de las condiciones del cauce y las ventajas y desventajas que ofrecen cada alternativa analizada. Bajo este enfoque, se determinaron los criterios de evaluación que orientan la elección definitiva de la obra de captación.

2.2.2.1 Alternativas de captación analizadas.

- Captación Lateral (A1)
- Captación con flujo transversal o convencional (A2)
- Captación con rejilla de fondo (A3)

2.2.2.2 Criterios utilizados en la selección de la alternativa más viable

- Criterio Ambiental (C1) = 10%
- Criterio Económico (C2) = 30%
- Criterio Social (C3) = 10%
- Técnico (C4) = 50%

A continuación, se detallan la ventajas y desventajas de cada obra de captación que se utilizó para seleccionar la alternativa más viable:

2.2.2.3 Captación Lateral

- Permite un control más preciso del caudal derivado, ya que aprovecha el flujo lateral del río.
- Disminuye la entrada de sedimentos gruesos debido a que el punto de captación se ubica en una zona con menor concentración de materiales arrastrados por la corriente.
- El costo de implantación es bajo, pero los gastos operativos y mantenimiento son altos.
- Se adapta con facilidad a cauces estrechos y quebradas de pendiente moderada.
- Presenta limitaciones en el control del ingreso de partículas finas, lo que ocasiona acumulaciones de sedimentos en los canales de conducción.
- Resulta vulnerable a la obstrucción por material vegetal y arrastres menores que tienden a acumularse en la entrada lateral, dificultando su operación.
- Tiene una capacidad reducida para regular caudales en ríos con alta variabilidad, lo que interrumpe la continuidad operativa del riego.

2.2.2.4 Captación de flujo transversal o convencional

- Facilita la regulación del caudal de ingreso, manteniendo estable el volumen derivado.
- Requiere aprovechar el flujo secundario para disminuir el arrastre de sólidos, razón por la cual su mayor eficiencia se alcanza en la margen cóncava del río.
- Su operación resulta adecuada en tramos con pendientes bajas.
- Demanda inversiones elevadas en la etapa constructiva.
- El embalse tiende a colmatarse con rapidez.
- Exige obras de disipación costosas por la necesidad de conservar un nivel de captación adecuado.
- La purga no resulta del todo eficiente, ya que el material sólido se acumula al pie de la rejilla.
- Precisa mantenimiento y control permanente.
- Requiere obras complementarias de considerable costo

2.2.2.5 Captación de rejilla de fondo

- Ofrece un comportamiento estable frente a avenidas repentinas, evitando daños estructurales.
- Se ajusta a cauces con alta variabilidad de caudales.
- Presenta un desempeño favorable en presencia de sedimentos gruesos.
- No impide la entrada de partículas finas al canal de recolección.
- Mantiene operatividad incluso en régimen supercrítico.
- No regula las variaciones de caudal natural.
- El caudal derivable resulta limitado.
- Precisa barrotes de alta resistencia.
- Existe riesgo de obstrucción en la rejilla.
- El acceso al canal colector y a la rejilla resulta complejo.
- Puede instalarse en distintos sectores del cauce, aunque se aconseja su ubicación en tramos rectos.
- Favorece la autolimpieza por efecto de la pendiente.
- Su ejecución no demanda estructuras auxiliares de gran inversión.
- Se caracteriza por un costo de construcción bajo, funcionamiento automático y mantenimiento mínimo.
- En pendientes longitudinales superiores al uno por ciento y hasta mayores al diez por ciento conserva un desempeño aceptable con escasa necesidad de limpieza.

2.2.3 Metodología para el tercer objetivo específico: Diseño hidráulico detallado de la obra de captación de agua para riego.

2.2.3.1 Captación de agua con rejilla fondo

En esta etapa en función de la alternativa viable seleccionada, se procedió a realizar el diseño hidráulico detallado el cual incluye planos, presupuesto, cronograma y especificaciones técnicas.

El diseño de la obra de toma de agua y cada uno de sus componentes se fundamentó en los criterios técnicos propuestos por Krochin (1986), tal como se especifica a continuación:

2.2.3.1.1 Rejilla de captación

Es el elemento principal y debe garantizar el paso del caudal constante, para su dimensionamiento se consideró con base al caudal de diseño considerando que el umbral se ubique a una cota superior al fondo del cauce para impedir el ingreso de materiales gruesos. La rejilla se formó con barras de hierro colocadas con una pequeña inclinación sobre una galería.

Con el fin de que la rejilla trabaje de manera eficiente se consideró lo siguiente de acuerdo con lo recomendado por (Cabello et al., 2018).

- La dirección de las afees fue de forma semejante a la orientación al cauce
- Para separar las barras se consideró de 2 a 6 cm
- Para el diseño se consideró una pendiente horizontal desde 0 - 20 que facilita el cruce de las piedras y material grueso

2.2.3.1.2 Azud

El azud se diseñó con la finalidad de elevar el nivel de agua hasta una cota necesaria que permitió el ingreso hacia la rejilla y desripiador, para su estabilidad se consideró la resistencia al empuje hidráulico, filtraciones bajo la cimentación y disipación de energía. Para su cálculo se consideró la incorporación de dentellones agua arriba y drenaje en el zampeado con el fin de eliminar supresiones y prevenir socavaciones. Además, se consideró el colchón disipador aguas abajo para afirmar que la velocidad se conserve dentro de términos no erosivos.

2.2.3.1.3 Desripiador

Se debe considerar que a la captación ingresa piedra de cierto tamaño que pasan por la rejilla, las cuales no deben cruzar al conducto de transición, por lo que se optó por diseñar un desripiador y para lo cual, se consideró que la rapidez internamente de esta estructura debe ser relativamente disminuida y debe tomar en cuenta colocar un aliviadero sumergido para dar paso al tanque colector.

Para eliminar rocas y sedimentos que ingresan al desripiador, se diseñó una puerta de lavado que está conectado a un conducto de desahogue, en el cual, se consideró una inclinación que permitirá arrastrar con facilidad los sedimentos acumulados en el fondo.

2.2.3.1.4 Tanque colector

El tanque colector funciona como una estructura de regulación intermedia, en donde estabiliza el flujo antes de pasar al desarenador. Para su diseño se buscó laminar la energía del agua y distribuir el caudal de manera uniforme. Se consideró un volumen suficiente para amortiguar variaciones de caudal instantáneo y mantener un flujo controlado hacia las demás estructuras. También, se consideró una geometría interior adecuada para que no se genere turbulencias que arrastren nuevamente sedimentos decantados.

2.2.3.1.5 Desarenador

Para el diseño de esta estructura y opere adecuadamente se consideró lo establecido por Krochin (1986).

- Relación de entre el ancho y la longitud del desarenador debe situarse en el rango de 3 a 5 así se acerque a un flujo en pistón.
- La hondura final debe oscilar entre 150 cm a 450 cm.
- La inclinación en lo profundo del almacenamiento de sedimentos debe estar entre 5 a 8 %, permitiendo el flujo de sedimentos a las tuberías o canales de desembocadura facilitando la limpieza y seguridad para los operadores.
- La etapa de conservación hidráulica se encuentre en un rango de 0.33 a 4 horas
- La rapidez horizontal no debe ser mayor a 20 veces la rapidez de sedimentación.
- La rapidez horizontal teórica no debe superar la rapidez de retención hidráulica para impedir la resuspensión del material particulado.

2.2.3.2 Trabajo de campo

2.2.3.2.1 Datos topográficos

La información topográfica constituye un insumo clave para el dibujo de una obra de toma de agua, debido a que permite definir con precisión la ubicación de la infraestructura, establecer cotas para garantizar el adecuado funcionamiento hidráulico y determinar las variaciones de relieve. Así mismo permite determinar su viabilidad por medio del análisis del rubro de movimiento de tierra (corte y relleno). La representación detallada de las curvas altimétricas se realizó mediante el software AutoCAD civil 3D, las

cuales facilitan la interpretación de la configuración del terreno y la definición de los elementos constructivos de la construcción.

2.2.3.3 Trabajo de gabinete

2.2.3.3.1 Metodología para la determinar los caudales de diseño

a) Recopilación de información meteorológica.

Se seleccionaron de la base del Instituto de Meteorología e Hidrología INAMHI cinco estaciones que tienen influencia con el proyecto. Para hacer el análisis hidrológico, el periodo de estudio y que está disponible fue de 25 años comprendidos entre 1989 y 2013. En la Figura 2.5 se observan las estaciones utilizadas y la ubicación, así mismo, en la Tabla 2.2 resume los datos de la figura además del tipo de estación.

Tabla 2.2 Estaciones meteorológicas usadas para el análisis hidrológico de la cuenca de aporte de la captación.

Estación	Código	Latitud	Longitud	Elevación	Tipo
La Argelia	M033	699403,00	9553464,00	2165,00	AP
Gonzanamá	M149	674134,00	9532238,00	2042,00	AP
Malacatos	M143	691965,00	9533892,00	1453,00	CO
Catamayo	M060	680873,00	9558429,00	1230,00	A
Cajanuma	M543	699492,00	9548762,00	2267,00	P
Proyecto	-	694219,77	9550651,39	2213,62	-

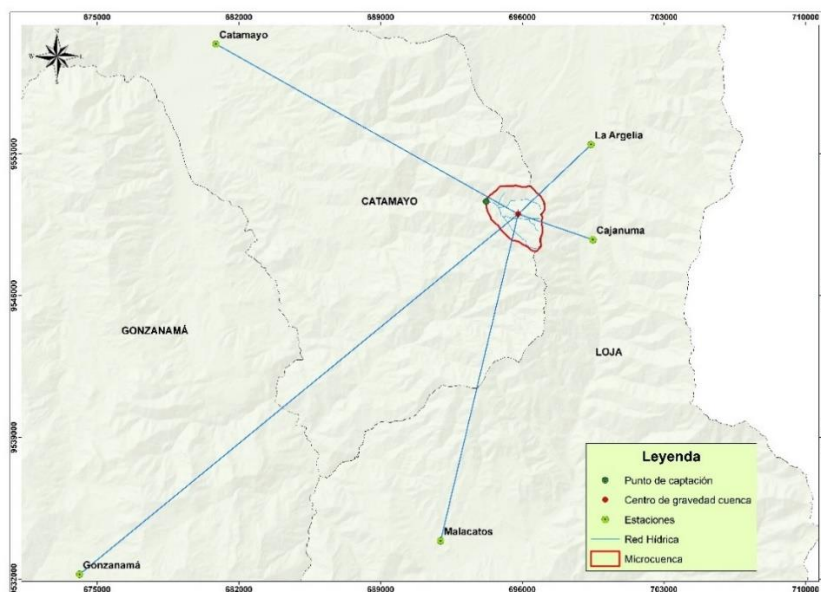


Figura 2.5 Ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.

b) Delimitación del área de la cuenca de aporte

Para delimitar la cuenca de captación, se utilizó un MDT con una resolución de 12,5 m. De este modelo se procedió a delimitar la concavidad de captación, con ayuda del programa QGIS con el complemento *ArcGeek Calculator* a través de la herramienta *Watershed Basin Delineation*, la cual, permitió generar la dirección, el acaparamiento del flujo y determinar los límites de la zona de desagüe de manera automática. Como se trató de una superficie pequeña igualmente se hizo de manera manual mediante el programa mencionado, para ellos se generó curvas altimétricas desde el punto de interés, en donde se creó una capa vectorial tipo polígono y se unió los lugares de mayor altura conocidos como parteaguas. Finalmente, se procedió a calcular los parámetros morfométricos de la cuenca con ayuda del programa usando la herramienta *Watershed Morphometric Analysis*.

c) Consistencia de datos

El análisis de la homogeneidad de datos, se utilizó la metodología de doble masa a través del software libre *Hydrognomon*, en cual, se hizo comparaciones de las precipitaciones acumuladas anuales entre estaciones y luego se graficó en la ordenada la precipitación de la estación comparada y en las abscisas la sumatoria de varias estaciones. Si la figura muestra una curva no tan marcada la descriptiva es confiable, si existe paralelismo los datos son consistentes y si existe un ligero movimiento de inclinación en alguna figura se debe cambiar los valores anuales.

d) Precipitación media de la cuenca

La estimación de la precipitación media de la microcuenca La Palma se emplearon los registros de las estaciones La Argelia, Gonzanamá, Malacatos, Cajanuma y Catamayo (Anexo 2). El procedimiento consistió en aplicar el método propuesto por la National Weather Service con el objeto de obtener un valor característico de precipitación que considere tanto la repartición espacial de las estaciones como la variación de la altitud en la zona de estudio.

Duarte et al. (2022) mencionan que para aplicar el método de la *National Weather Service* se debe considerar la ubicación relativa de los centros respecto al centroide de la cuenca. Se usó la ecuación (2.1):

(2.1)

$$P = \frac{P_1 \left(\frac{1}{d_1^2} \right) + P_2 \left(\frac{1}{d_2^2} \right) + \dots + P_n \left(\frac{1}{d_n^2} \right)}{\frac{1}{d_1^2} + \frac{1}{d_2^2} + \dots + \frac{1}{d_n^2}}$$

Dónde:

P = Precipitación mensual ponderada

P_1, P_2, \dots, P_n = Precipitaciones medias de los centros observados

d_1, d_2, \dots, d_n = Distancias desde el punto considerado a cada centro.

e) Caudales medios (Método del número de curva)

Al valorar o estimar los caudales promedios mensuales en la microcuenca La Palma, ubicada en la parroquia El Tambo, se usó el modo del Número de Curva (SCS-CN), creado por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos, que permite determinar escorrentía a partir de un número hidrológico adherido de la cuenca hidrográfica, el cual oscila entre 0 a 100 según el tonelaje de formar escorrentía ligera, de manera que datos bajos reflejan suelos altamente permeables y valores altos corresponden a condiciones de impermeabilidad, lo que otorga una herramienta útil para caracterizar cuencas con limitada información hidrométrica. Su empleo en este estudio se justifica porque, se recomienda para áreas mayores a 500 ha, investigaciones recientes lo han validado en cuencas de gran escala y condiciones diversas, es así que, Bagoury y Gad (2024) lo aplicaron en una superficie cercana a 985 km², en donde, demostrando que la selección del CN a partir del uso de suelo y grupos hidrológicos es determinante para la estimación de escorrentía, por su parte, Hussain et al. (2024) comprobaron en una cuenca de aproximadamente 200 km² que el parámetro CN constituye el factor más sensible en la modelación de caudales, lo cual evidencia que el uso de este método mantiene su validez en cuencas de tamaño medio y grande, por lo que su aplicación la microcuenca La Palma (660 hectáreas) resulta técnica y metodológicamente viable.

Para determinar el caudal de la microcuenca, se utilizó la ecuación (2.2).

(2.2)

$$Q = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Así mismo se procedió a determinar “S” el cual se enuncia debido en función del Número de Curva (CN) y a su vez mediante la consecutiva ecuación (2.3):

(2.3)

$$S = 25,4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

En cuanto el tipo de suelo se lo clasifica dentro de los cuatro grupos hidrológicos existentes. Estos conjuntos se determinan de la A hasta la D. El grupo A representa un escurrimiento eventual mínimo y el grupo D representa un escurrimiento eventual alto. Conforme a esta valoración se considera la estructura, contextura y depresión del nivel freático para asignarlo a un tipo de la tierra. La información que se manejó para obtener el Número de Curva se muestra en la Tabla 2.3 y 2.4.

Tabla 2.3 Grupos hidrológicos del suelo (SCS, 1964 en Bradbury et al., 2000)

Descripción del uso de la tierra		Valores del número de curva de escorrentía correspondientes a distintos usos del suelo en áreas agrícolas, suburbanas y urbanas, considerando condiciones de humedad antecedente tipo II y una abstracción inicial igual al 20 % de la capacidad de almacenamiento (Ia = 0,2 S).			
		Grupo hidrológico del suelo			
		A	B	C	D
Tierra cultivada ^[1] :	sin tratamientos de conservación	72	81	88	91
	con tratamientos de conservación	62	71	78	81
Pastizales:	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones óptimas	39	61	74	80
Vegas de ríos:	condiciones óptimas	30	58	71	78
Bosques:	troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas,	45	66	77	83
	cubierta buena ^[2]	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
	óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o mas	39	61	74	80
	condiciones aceptables: cubierta de pasto en el 50 al 75%	49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95

Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial ^[3] :					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable ^[4]				
0.05 ha o menos	65	77	85	90	92
0.10 ha	38	61	75	83	87
0.15 ha	30	57	72	81	86
0.20 ha	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueaderos pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
	Pavimentos con cunetas y alcantarillados ^[5]	98	98	98	98
	grava	76	85	89	91
	tierra	72	82	87	89

Fuente: (Chow et al.,1994)

Tabla 2.4 Clasificación de grupos hidrológicos del suelo.

Clasificación.	Características
A	Suelos de mínima escorrentía, profundos y altamente permeables, que pueden estar saturados. Presentan un alto porcentaje de gravas o arenas y escaso o nulo contenido de arcillas o limos.
B	Suelos de permeabilidad moderada en estado saturado, incluye terrenos arenosos menos profundos que los anteriores. Estos suelos son franco-arenosos medio profundos y suelos franco-profundos
C	Suelos de baja permeabilidad por su saturación, como los franco-arcillosos o lo que presentan estratos impermeables que dificultan la infiltración de la lluvia.
D	Suelo con alta escorrentía, muy permeable, arcilloso profundo o con subsuelo compacto. Mantiene una mayor densidad de cultivo mejorando la infiltración y reduce el número de curva que corresponde. La cubierta vegetal se clasifica según su condición hidrológica, desde pobre a buena para la infiltración.

Posteriormente se procedió a establecer en *QGIS* los mapas con la investigación señalada en las primeras tablas para calcular el número de curva mediante la herramienta *Global Curve Numbers*.

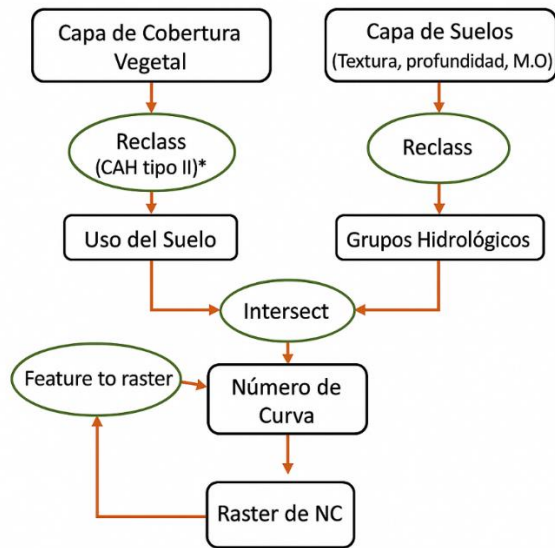


Figura 2.6 Modelo geoespacial para conseguir el número de curva

f) Curva de duración general para determinar el caudal mínimo

La metodología utilizada para determinar el caudal mínimo fue la curva de duración general (CDG). Esta curva también llamada permanencia de caudales consistió en construir un gráfico donde se representaron de manera descendente los caudales calculados contra el porcentaje del lapso en el que dicho caudal es parejo o desbordado (Monsalve, 1999). La curva de duración general se la determino a partir datos de caudal mensuales. Para lo cual, se adoptó lo mencionado por Almeida (2010), que, en la práctica de estudios hidrológicos para diseño de obras hidráulicas, se debe considerar caudal mínimo a los valores asociados a las frecuencias que excedan el 80, 90 y 95 %.

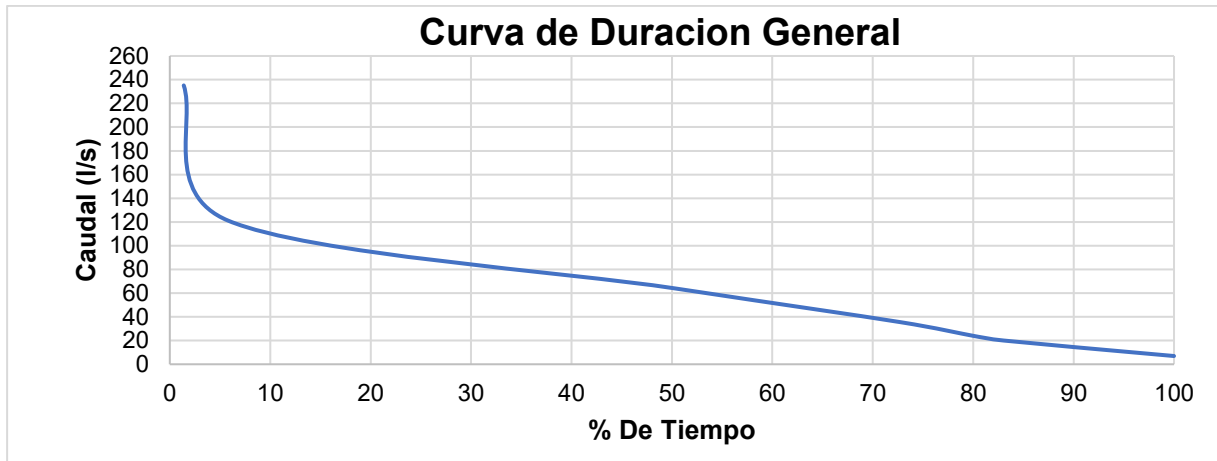


Figura 2.7 Curva de duración de caudales.

Cuando los datos de partida no son suficientes, no es posible obtener una curva de duración general de manera directa, por lo tanto, se va a utilizar otra metodología que ayude a generar información necesaria. Por lo general, se utilizan métodos deterministas para estimar series de caudales a partir de datos meteorológicos para análisis hidrológicos. En la presente investigación se utilizó datos de precipitación media la cual fue utilizada para generar escurrimientos por el método referente del número de curva.

2.2.3.3.2 Estimación de caudales máximos

Según Hu et al. (2020), para el cómputo de caudales máximos en obras hidráulicas se requiere un registro de al menos 25 años, lo cual, permite estimar eventos extremos y evitar errores de sobredimensionamiento o sub-dimensionamiento. Ante la falta de datos de caudales, este proyecto se basó en las precipitaciones máximas en un día de las estaciones: Argelia (49 años), Gonzanamá (49 años), Malacatos (49 años) y Catamayo (49 años); esta estrategia es consistente con hallazgos recientes que subrayan la necesidad de datos históricos extensos para dimensionar adecuadamente estructuras hidráulicas (Luna, 2022).

Previo al cálculo de caudales extremos en la microcuenca La Palma, estableciendo una precipitación máxima en 24 horas para TR = 25, 50 y 100 años. Los métodos para determinar los cuales fueron utilizados los siguientes.

a) Método de Gumbel para determinar precipitación máxima probable en 24 horas

Al emplear este método, fue ineludible contar con registros de precipitación máxima en 24 horas para el periodo de estudio. Son recopiladas y publicadas por el Instituto

Nacional de Meteorología e hidrología (INAMHI, 2019). Para aplicar el método, se utilizó la ecuación (2.4):

(2.4)

$$X_T = X + \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (Y - Y_n)$$

Dónde:

X_T = Valor extremo (máxima en un día) para un TR

X = Es el valor promedio de los máximos anuales

Y_n & σ_n = Magnitudes teóricas que dependen exclusivamente del tamaño de la muestra.

Y = La variable reducida depende directamente del período de retorno.

Para determinar la precipitación máxima correspondiente a cada período de retorno en la cuenca de estudio, se empleó la técnica de las isomáximas, tomando como referencia la precipitación máxima registrada en 24 horas.

Dicha información fue obtenida a través de los métodos de Gumbel y Hydrognomon, los cuales permitieron estimar la intensidad diaria (IdTR), calculada dividiendo la precipitación máxima entre el intervalo de 24 horas.

- **Precipitación máxima probable en 24 horas con software Hydrognomon**

Se empleó el software libre *Hydrognomon* para poder estimar la precipitación máxima en se encuentra en 24 horas. Primero se realizó un el estudio probabilístico de los datos, seguido de una prueba de bondad de ajuste mediante el test de Smirnov-Kolmogorov. Las distribuciones mostraron mejor ajuste a los datos fueron, Log Normal y Gamma. Luego, se determinó la precipitación máxima en 24 horas para La Argelia, Malacatos, Gonzanamá y Catamayo, considerando el periodo de retorno de 25, 50 y 100 años. Finalmente se elaboraron las isomáximas utilizando herramientas de SIG.

- **Intensidades de precipitación para el proyecto**

Para el diseño de la captación de agua, se calcularon las intensidades de precipitación correspondientes a los diferentes periodos de retorno mediante las ecuaciones IDF, utilizando como base a las precipitaciones máximas establecidas en 24 horas obtenidas de los registros de las estaciones La Argelia, Catamayo, Malacatos y Gonzanamá. La recopilación se la realizó del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2019).

- Ecuación en función de la intensidad máxima en 24 horas.

(Ecuación tipo)

(2.5)

$$I = \frac{(K * T^m)}{t^n}$$

(Ecuación en función de la intensidad máxima en 24 horas)

(2.6)

$$i = K * t^{-n} * Idtr$$

Dónde:

I = Intensidad precipitación para cualquier periodo de retorno (mm/h)

t = duración lluvia (minutos)

Idtr = Intensidad diaria para un Tr dado en (mm/h)

K, m, n = Parámetros de regresión potencial

Se sabe que, el Ecuador se divide en varias áreas zonales, para este estudio del área del proyecto corresponde la zona 17 (Figura 2.8), en donde se encuentra la estación que tienen influencia con sitio de estudio.

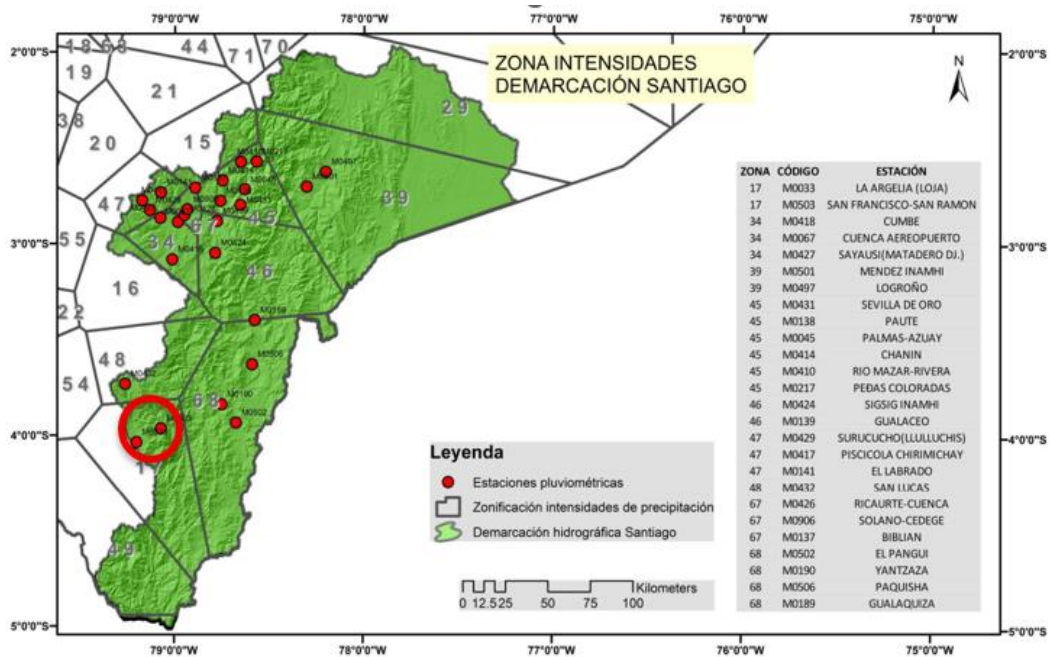


Figura 2.8 Zonificación de intensidades pluviométricas en la demarcación hidrográfica del Santiago. (INAMHI, 2019)

Para determinar la intensidad máxima se utilizó las ecuaciones (2.7) y (2.8) de la estación La Argelia (M0033), las cuales se encuentran disponibles en el estudio del INAMHI (2019).

Ecuación para 5 a 44.17 minutos

(2.7)

$$I_{TR} = 86,811 * Id_{TR} * t^{-0,447}$$

Ecuación para 44.17 a 1440 minutos

(2.8)

$$I_{TR} = 328,11 * Id_{TR} * t^{-0,798}$$

Dónde:

I_{TR} = Intensidad máxima para el período de retorno elegido (mm).

t = El tiempo de duración de la lluvia puede asumirse equivalente al tiempo de concentración, expresado en minutos.

Id_{TR} = La intensidad diaria (mm/h) se calcula dividiendo la precipitación máxima correspondiente al período de retorno seleccionado (TR) entre 24 horas.

b) Métodos utilizados para generar caudales máximos

- **Hidrograma unitario triangular (SCS)**

De acuerdo con la información generada de la intensidad de precipitación, se aplicó el método referente del hidrograma unitario triangular (SCS), el cual, es planteado por el Soil Conservation Service "SCS", origina efectos tolerables cuando se maneja en concavidades chicas y su aplicación es natural.

El caudal pico de creciente se calculó con la ecuación (2.9)

(2.9)

$$Q_p = P_e * \left(\frac{0,208 * A}{T_p} \right)$$

Donde:

Q_p = Caudal pico (m³/s)

P_e = Lluvia neta (mm)

A = Área de drenaje (km²)

- **Tiempo pico de hidrograma unitario.**

(2.10)

$$T_p = L + \frac{D}{2}$$

Dónde:

D = Es la duración del aguacero, es cerca de similar al lapso de concentración (horas)

L = Es el tiempo de retardo, el mismo que se calcula con la relación $L = 0.6 * t_c$.

- **Método racional**

Para el proyecto se usó el método racional el cual es de los más usados para la concluir los caudales máximos, esto asociado a determinada lluvia de diseño. Este se recomienda que se utilice en cuencas pequeñas. Además, este método considera, que cuando una lluvia de intensidad uniforme coincide sobre una cuenca, el escurrimiento superficial alcanza su valor máximo en el instante en que la duración del evento coincide con el tiempo de concentración (Monsalve, 1999). Su amplia aplicación responde a la sencillez de uso y se restringe a cuencas de reducida extensión.

Para aplicar este método se adquirió información el área de la cuenca de captación, el coeficiente de escorrentía que estuvo relacionado con la cobertura vegetal de la cuenca y la intensidad de precipitación, para lo cual, se utilizó la siguiente ecuación:

(2.11)

$$Q = C * C_f * i_c * A$$

Dónde:

Q = Es el caudal en m^3/s

C = Es el coeficiente de escorrentía en decimal.

C_f = Es el que depende del periodo de retorno establecido (10 años (1.0), 25 años (1.10), 50 años (1.20), 100 (1.25))

i_c = Es la Intensidad de lluvia en m/s , donde es equivalente a: $i * t_c / t_d$.

t_c = Es el tiempo de concentración dado en horas, t_d = duración del evento (minutos).

A = Es el área de drenaje en m^2 .

- **Pendiente del cauce**

Para determinar la inclinación media del cauce se usó la ecuación de Taylor y Schwarz (1952), de acuerdo a la siguiente ecuación (2.12):

(2.12)

$$S = \frac{L}{\frac{l_1}{\sqrt{S_1}} + \frac{l_2}{\sqrt{S_2}} + \frac{l_3}{\sqrt{S_3}} + \dots + \frac{l_n}{\sqrt{S_n}}}$$

Dónde:

S= Es la pendiente de cauce en m/m.

L= Es la longitud total del cauce.

l_1 = longitud del tramo 1.

S_1 =Pendiente promedio del tramo i analizado..

- **Tiempo de concentración Según Kirpich**

Para determinar el tiempo de concentración, se empleó la siguiente ecuación creada por Kirpich.

(2.13)

$$T_c = \left(\frac{0,87Lc^3}{H} \right)^{0,385}$$

Dónde:

T_c = Es el tiempo de concentración en horas.

Lc = Es la longitud del cauce principal en km.

A= Es el área de la cuenca, en km^2

H= Elevación media de la cuenca (m)

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados del primero objetivo específico

3.1.1 Análisis de información de la Junta de riego La Pucareña – El Tambo

3.1.1.1 Autorización de uso y aprovechamiento del agua

De acuerdo con la Tabla 3.1, la Autorización de uso y aprovechamiento del agua concedida a la Junta de riego La Pucareña – El Tambo mediante la RESOLUCIÓN 10817-2023-A de fecha 05 de febrero de 2024 (Anexo 1), garantiza el aprovechamiento de la quebrada La Palma como fuente hídrica para la implementación de un sistema presurizado complementado con abrevadero de animales lo que asegura las actividades agrícolas y pecuarias. El caudal otorgado de 9,463 l/s distribuidos 9,0 l/s para riego presurizado (aspersión y goteo) y 0,0463 l/s para abrevadero de animales. Esta dotación es suficiente para cubrir las 22,5 hectáreas bajo riego establecidas en la autorización de uso y aprovechamiento destinado a cultivos permanentes y temporales.

Así mismo, en dicha resolución se menciona la inclusión de una obra de captación ubicada en la margen izquierda de la quebrada La Palma y que se complementa con infraestructura hidráulica de conducción, distribución y almacenamiento, que garantiza eficiencia y sostenibilidad, dado que en la autorización obliga a la implementación de riego tecnificado para mejorar el uso del recurso hídrico. También hay que mencionar que la autorización tiene una duración de 10 años renovables que este sujeto a cumplimiento y disposiciones ambientales y administrativas por parte de la Junta de riego.

Con respecto a la parte social, la autorización beneficia de manera directa a 15 familias (Tabla 3.1), fortaleciendo la producción agrícola la producción pecuaria. Este beneficio se vincula al principio de uso equitativo del recurso y la obligación de reportar periódicamente el cumplimiento de los parámetros técnicos.

Tabla 3.1 Autorización de uso de agua.

Categoría	Detalle
Fuente de captación	Quebrada La Palma, ubicada en el sector La Palma de la parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja.
Coordenadas y cota	Latitud N: 9550651,39 m; Longitud E: 694219,77 m; Cota: 2213,62 m.s.n.m.
Caudal autorizado total	9,463 l/s (para riego presurizado y abrevadero de animales).
Destino del agua	1) Riego presurizado (aspersión y goteo): 9,0 l/s. 2) Abrevadero de animales: 0,0463 l/s.
Área beneficiada	22,50 hectáreas de cultivo (pasto, maíz, café y frutales).
Volumen anual concedido	238.824,00 m ³ /año para riego y 1.460,00 m ³ /año para abrevadero.
Beneficiarios directos	15 familias con predios en el sector La Palma y El Tambo.
Obras a ejecutar	Construcción de un sistema de captación en la margen izquierda de la quebrada La Palma, canalización de 4,86 km.
Uso y restricciones	El agua solo podrá emplearse para riego presurizado y abrevadero, con prohibición de destinarla a otros fines distintos a los autorizados.
Plazo de la autorización	10 años, renovables según cumplimiento de obligaciones legales y técnicas.
Condiciones técnicas	Implementación obligatoria de sistema presurizado, reservorio impermeabilizado, y aplicación de prácticas de conservación de caudal y calidad del agua.

La autorización de uso y aprovechamiento de agua otorgada a la Junta de riego La Pucareña – El Tambo de acuerdo con la RESOLUCIÓN 10817-2023-A (Anexo 1), se distribuye un caudal uniforme de 0,60 l/s a quince beneficiarios (Tabla 3.2), alcanzando un volumen anual de 18.921,60 m³, asegundo una distribución equitativa, de modo que cada familia dispone de la misma área regada para producir cultivos como café, maíz, frutales y pasto. El volumen total autorizado de 283.824,00 m³ abastece a las 22,50 hectáreas mediante riego presurizado garantizando la producción diversificada de cultivos y soberanía alimentaria.

Tabla 3.2 Área de riego y caudal requerido

Beneficiario	Área total (ha)	Área	Caudal requerido total (l/s)	Caudal requerido (l/s)	Volumen anual (m ³ /año)	Observación
		regada por usuario (ha)				
15	22,50	1,50	9,00	0,60	18.921,60	Pasto y cultivos de ciclo corto, frutales, maíz, café y huertos familiares

3.1.1.2 Topografía del sitio de captación

El estudio del terreno de la zona destinada para la implantación de la obra de captación se ejecutó mediante un GPS diferencial de precisión, lo que permitió obtener coordenadas precisas de los puntos de control y detalle, para lo posterior generar un modelo 3D de curvas de nivel que representa el relieve y facilita la identificación de la quebrada La Palma como eje principal de escurrimiento. El sitio definido para la captación se localiza en las coordenadas Este 694219,77 y Norte 9550651,39, a una altitud de 2213,62 m s. n. m (Figura 3.1), condición que respalda la viabilidad técnica del proyecto, ya que la concentración de curvas en el sector evidencia pendientes que conducen naturalmente el agua hacia el cauce, además, la disposición del terreno reduce la necesidad de movimientos de tierra y permite el diseño de la obra de captación, de modo que, la caracterización topográfica obtenida constituye la base técnica que garantiza estabilidad, funcionalidad hidráulica y sostenibilidad de la infraestructura hidráulica (Plano 1 y 2).

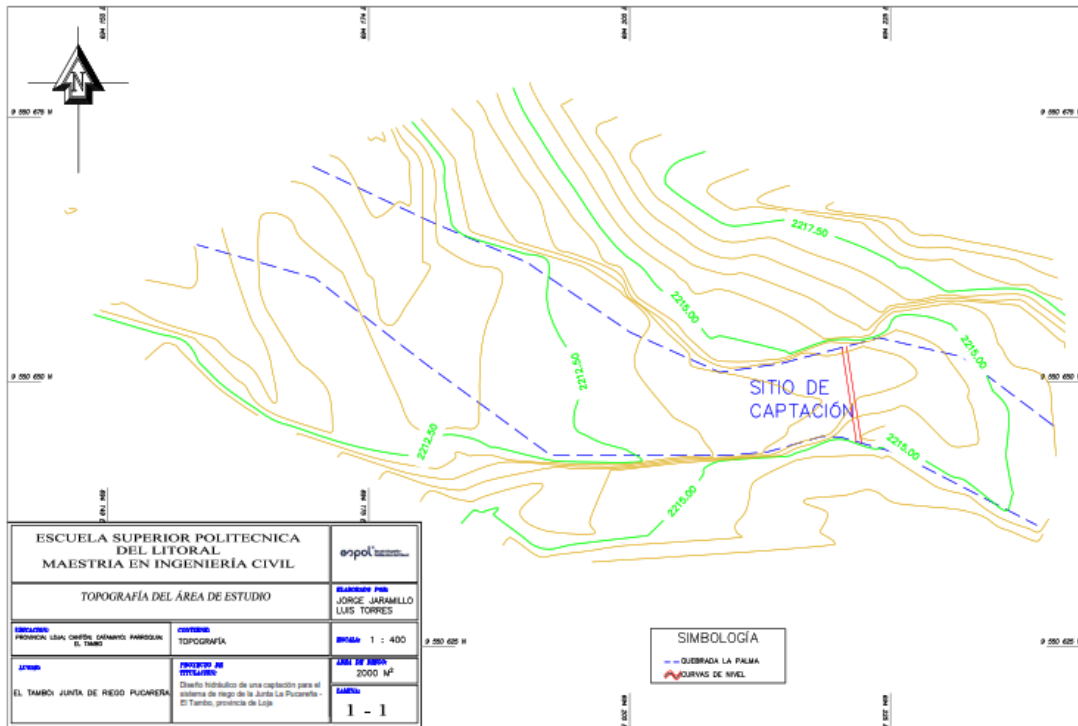


Figura 3.1 Topografía del proyecto.

3.1.1.3 Microcuenca de captación y parámetros morfométricos

La microcuenca de captación tiene un área de drenaje de 6,60 km² (Figura 3.2), y una pendiente media del 24,0 %. Esto según Chow (1994), la acepta como una cuenca chica, así mismo, según los criterios de clasificación del INEFAN (1995) la clasifica como una microcuenca.

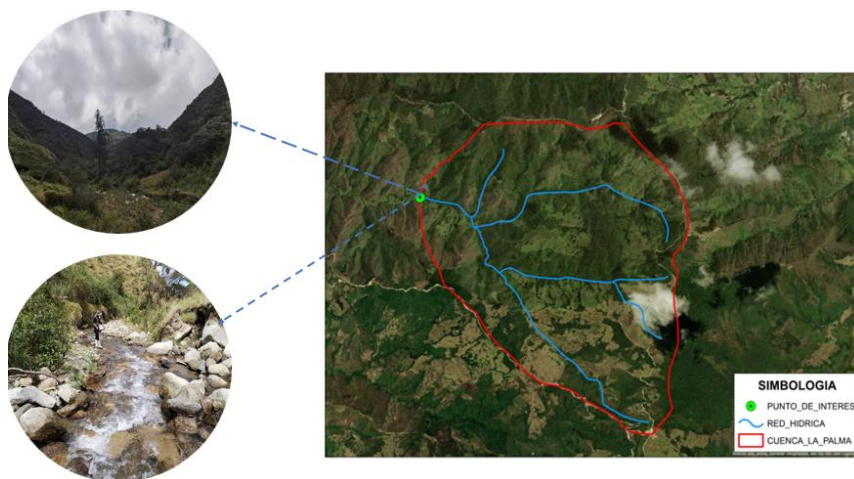


Figura 3.2 Microcuenca de captación La Palma.

En análisis morfológico de la microcuenca (Tabla 3.3) evidencia que el área de captación es de 6,60 km², esta superficie permite dimensionar la magnitud del escurrimiento superficial y la capacidad de caudales derivados para el sistema de riego. El perímetro calculado fue de 10,0 km lo que refleja una microcuenca de contorno relativamente compacto asociado con una mayor capacidad de concentración de escorrentías en periodos de precipitación intensa. Por su parte, la extensión del cauce principal fue de 1,30 km, lo que pone en manifiesto un sistema hidrográfico relativamente corto, aspecto que condiciona un tiempo de concentración reducido y, por ende, respuestas hidrológicas rápidas frente a tormentas.

El factor de compacidad (Kc) obtenido de 1,10, confirma que la microcuenca presenta una geometría circular con tendencia a ocurrencia de avenidas. La inclinación media de la concavidad, de 24,0 % junto con la inclinación media del cauce principal de 11,0 % revela un relieve abrupto que favorece el transporte de sedimentos y acelera procesos erosivos, lo que contribuye directamente en la vida útil de las obras hidráulicas. Así mismo, el tiempo de concentración calculado fue de 1,70 horas, lo que se considera una microcuenca con respuestas hidrológicas cortas.

Tabla 3.3 Parámetros morfométricos de la microcuenca de captación.

Parámetro	Valor	Unidad	Interpretación
Área (A)	6,60	km ²	Cuenca pequeña
Perímetro (P)	10,00	km	Perímetro de la cuenca
Longitud de la cuenca (L)	3,50	km	Longitud de la cuenca
Longitud del cauce principal (Lc)	1,30	km	Longitud del cauce principal
Longitud total de las corrientes de agua	9,90	km	Suma de todos los canales
Factor de compacidad (Kc)	1,10	...	Forma casi circular
Factor de Forma (Kf)	0,50	...	Forma intermedia
			Textura de drenaje
Densidad de drenaje (Dd)	1,50	km/km ²	moderada
Sinuosidad de las corrientes de agua	0,40		Canal casi recto
Pendiente media de la cuenca	24,0	%	Muy inclinada
Pendiente media del cauce	11,00	%	Pendiente muy fuerte
Tiempo de concentración	1,70	horas	Corto

Con respecto los parámetros de relieve, la topografía de la microcuenca La Palma la topografía es irregular y predominan pendientes relativamente fuerte (24 %), lo cual influye en el escurrimiento superficial y la capacidad de conservación de humedad, lo

que se refleja en la altitud media de la siendo de 2600 m s.n.m, dato derivado mediante el cálculo de la curva hipsométrica por la forma de la curva (Figura 3.3), que pertenece a una microcuenca en equilibrio que muestra una cuenca madura.

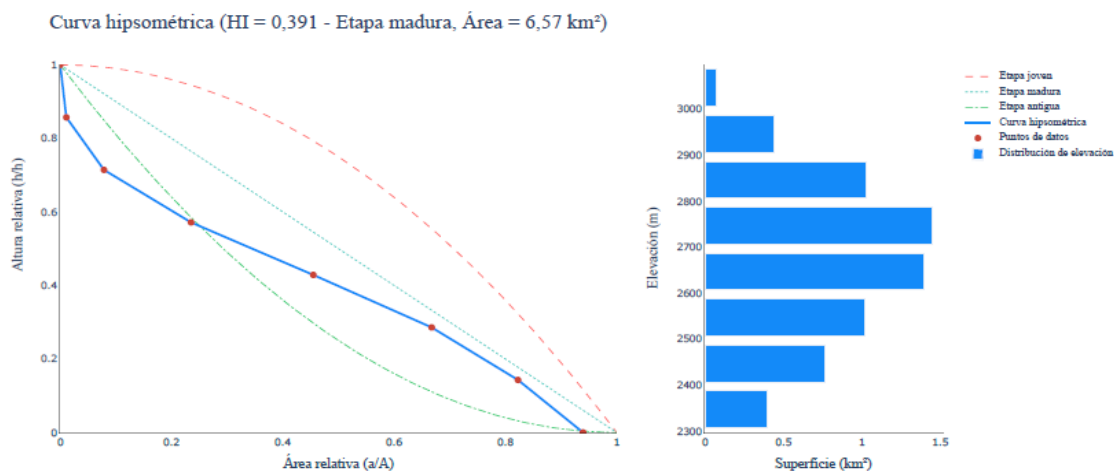


Figura 3.3 Curva hipsométrica de la microcuenca La Palma.

3.2 Resultados del segundo objetivo específico

3.2.1 Análisis de alternativas de captación de agua para riego

La elección del sistema de captación se fundamentó en el análisis de las condiciones específicas del cauce, con el propósito de que la estructura responda de manera adecuada a la dinámica natural de la quebrada, permita el ingreso de agua con la menor cantidad de posible de sólidos, requiera mantenimiento reducido, su construcción sea técnicamente viable y que la construcción cause el menor impacto al medio ambiente. Bajo estos lineamientos se valoraron diversos criterios que orientan la selección de la obra de captación

En la Tabla 3.4, se muestra la valoración de cada alternativa de captación de agua considerando sus ventajas y desventajas.

Tabla 3.4 Método de Puntuación Ponderada y selección de alternativas de Captación de agua de riego.

Criterio Ponderación	A1	Detalle de Ponderación	A2	Detalle de Ponderación	A3	Detalle de Ponderación
C 1 10%	7%	En quebradas con pendiente alta, la captación lateral reduce obra en el cauce del río y permite construir desde el margen con protecciones de orilla y desarenación; la alteración del cauce es baja si se controla socavación local. Una desventaja es que existe mayor ingreso de sedimentos finos al desripiador por lo que es necesario contar con un desarenador, así mismo existe riesgo de erosión local por obras de encauzamiento. (Cusme Intriago, Vilema & Arias, 2025)	8%	El flujo transversal exige encauzamiento, espigones y diques guía que intervienen el cauce; en ríos de montaña puede configurar barras y taludes y concentrar energía, por lo que el impacto es mayor (He, 2024).	8%	La rejilla de fondo aparta sedimentos gruesos y mejora la calidad del agua entregada; en cauces con alta pendiente favorece el paso de carga de fondo aguas abajo, con menor afectación ambiental que estructuras masivas (Hajebi, Akbari & Hosseini, 2024).
C 2 30 %	22 %	Costos de obra civil bajos; en topografía accidentada los accesos elevan la logística, pero la solución mantiene costos moderados y mantenimiento asequible para juntas de riego. El costo puede aumentar por la operación y mantenimiento debido a la gran cantidad de arrastre de material fino y grueso. (Cusme Intriago, Vilema & Arias, 2025)	25%	Necesita obras de encauzamiento, disipación y protección de márgenes; los costos tienden a medios-altos por volumen de obra y por mantenimiento tras avenidas con material de arrastre (He, 2024).	27 %	Menor volumen de obra que un azud alto; buen desempeño en sitios alejados. En ríos de montaña reduce limpieza de cámaras y disminuye costos recurrentes de remoción de sedimentos (Hajebi, Akbari & Hosseini, 2024).
C 3 10 %	8	Interferencia baja en comunidades ribereñas;	8	Las obras en cauce pueden	8	Mejora la continuidad y la calidad del agua

		construcción desde la margen favorecen participación comunitaria y acuerdos locales (Cusme Intriago Vilema & Arias, 2025)	afectar usos tradicionales y requerir permisos ambientales y acuerdos por modificación de la sección fluvial. (He, 2024)	en periodos turbios; requiere planes de seguridad para crecientes máximas y rutinas de limpieza para evitar obstrucciones por hojarasca (Hajebi, Akbari & Hosseini, 2024)
C	50 %	40	43	46
4				
		Funciona bien para caudales pequeños-medios; requiere desarenador, rejilla y protección anti-socavación; el mantenimiento es programable incluso con avenidas estacionales (Cusme Intriago. Vulnerable a variaciones de nivel y sedimentación lo cual es necesario un desarenador robusto. Vilema & Arias, 2025)	Sensible a carga de sedimentos y detritos; requiere limpieza frecuente, estructuras guía, y control preciso del nivel del agua para evitar desbordamientos no deseados en crecidas (He, 2024)	Diseñada para ríos o quebradas de montaña con pendiente; capta por rejilla de fondo con escaso remanso y excluye gravas;(Hajebi, Akbari & Hosseini, 2024).
Puntuación Total	77	84	8	9

Nota: **C1** = Criterio ambiental; **C2** = Criterio económico; **C3** = Criterio social; **C4** = Criterio técnico; **A1** = Captación lateral; **A2** = Captación de flujo lateral o convencional; **A3** = Captación con rejilla de fondo.

Luego de realizar el análisis comparativo de los factores, se estableció que la opción más viable para implementar es la captación con rejilla de fondo, ya que cuenta con el porcentaje mayor de ponderación con un 89 %. Por esta razón será la alternativa que se realizará el diseño hidráulico detallado.

La captación con rejilla de fondo ofrece ventajas ambientales al reducir el arrastre de residuos y conservar la calidad del agua, el diseño minimiza alteraciones en el cauce y disminuye la afectación sobre la vegetación ribereña.

En el aspecto económico, la inversión inicial es moderada, pero se reducen los costos de limpieza y mantenimiento posteriores. esto asegura un uso eficiente de los recursos de la Junta de riego y permite ampliar la vida útil de la obra.

Por su parte, el factor social, la rejilla de fondo garantiza eficiencia y confiabilidad en el suministro y mejor calidad de agua, lo que facilita la aceptación para su implementación.

En el criterio técnico, la rejilla de fondo asegura continuidad en la captación y requiere limpieza periódica sencilla. La operación es fácil y la construcción se adapta a las condiciones de ríos de montaña, como los que predominan en la provincia de Loja.

3.2.2 Análisis ambiental

Con el propósito de suministrar una alternativa de captación a los usuarios de la Junta de riego Pucareña – El Tambo, se ha realizado el estudio de tres alternativas de captación de agua de riego para garantizar el suministro hídrico. Las alternativas analizadas fueron captación lateral, captación con flujo transversal o convencional y captación con rejilla de fondo, las cuales cuentan con obras complementarias, con el fin de seleccionar la solución más viable que asegure continuidad de servicio, calidad de agua y estabilidad geomorfológica del cauce. Se pretende apreciar los impactos ambientales en tres fases del plan: durante la edificación en donde a causa de los trabajos se forman perturbaciones ambientales como la remoción de tierra y pérdida de vegetación nativa debido a la construcción de la obra de captación; en la fase de operación y mantenimiento pueden surgir inconvenientes en la acumulación de material debido al arrastre del cauce y provocar daño algunos elementos de la obra por el abandono y falta de mantenimiento. Este estudio tiene como objetivo prevenir y mitigar estos cambios debido a la actividad humana asegurando a los usuarios tengan un lugar con condiciones adecuadas para realizar sus actividades que no afecte su salud y bienestar.

3.2.2.1 Actividades del proyecto.

3.2.2.1.1 Estudio preliminar y diseño de la captación.

En todo proyecto de ingeniería se inicia con estudios y análisis de información preliminar, para lo cual, se debe desarrollar el levantamiento topográfico a detalle y la caracterización hidrológica de la microcuenca de captación para definir la ubicación correcta de la obra de toma y sus componentes, de manera que el trazado minimice la excavación de suelo, evite afectación de la vegetación adyacente y se mantenga la geomorfología del cauce. También a través de la memoria técnica se establece el caudal de diseño para dimensionar la obra de captación, cálculos de volúmenes de excavación y cantidades de obra en la que se incorpore criterios de técnicos y se integre un

presupuesto acorde con la realidad local que garantice la viabilidad financiera del proyecto. Se considera que esta fase tiene un impacto limitado en el área de estudio.

a) Obra y construcción

Esta fase figura una parte del proyecto con respecto a la construcción de la obra de captación, durante esta fase, se procederá a determinar presupuestos requerido para llevar a cabo el diseño planteado y se forme la cimentación de la infraestructura, para lo cual, se debe tener en cuenta actividades como replanteo obras para desviar el cauce, excavaciones para cimentaciones, hormigón para obra civil, entre otras. Esto implica que en la construcción se va a tener un impacto ambiental significativo ya que se procederá a remover la cobertura de suelo por las excavaciones, deterioro de la vegetación debido al tránsito de personas y animales por el envío de materiales, lo que puede conducir a riesgos adicciones al entorno.

b) Operación y mantenimiento

La duración de vida útil de la captación de agua está sujeta a la operación y mantenimiento de la infraestructura y está sujeta a la periodicidad y capacidad de los responsables de llevar a cabo esta actividad. Durante esta fase, el impacto ambiental por lo general es mínimo, pero es necesario tener algunas consideraciones para prevenir riesgos por posibles acumulaciones de sedimentos, deterioro de elementos de control como compuertas y taponamiento debido al arrastre de material como hojarasca material grueso.

3.2.2.2 Identificación de impactos ambientales

En las Tablas 3.5-3.7, se describe los impactos ambientales que producen durante las fases de proyecto, en función de los factores ambientales los cuales están descritos en el **Anexo 19**.

Tabla 3.5 Impactos ambientales de las actividades de construcción.

Etapas del proyecto	Factores medio ambiental	Relación ambiental		Impacto ambiental (obra de captación con rejilla de fondo)	
Construcción	Físico	Clima	Temperatura	Superficies de suelo expuesto y hormigón alteran el balance térmico local y favorecen evaporación puntual; el polvo en suspensión incrementa la radiación absorbida a microescala.	
			Aire	Calidad del aire	Emisiones de polvo por movimiento de tierras, corte de roca y operación de maquinaria; afecta visibilidad y provoca molestias respiratorias a las cuadrillas de trabajadores.
				Nivel de ruido	Ruido por excavación, mezclado de hormigón y transporte; puede generar molestias a residentes cercanos y a fauna sensible.
		Suelo	Topografía	Corte y relleno en laderas para fundaciones y accesos; riesgo de inestabilidad y socavación si no se estabilizan taludes y márgenes.	
			Erosión		Remoción de capa orgánica y tránsito de animales que provocan erosión necesidad de controles de escorrentía y revegetación.
				Calidad del suelo	Compactación y pérdida de estructura del suelo en zonas de acopio y tránsito; posible contaminación por aceites si no hay manejo de combustibles.
			Agua	Calidad del agua	Incremento de SST y turbidez por sedimentos finos; riesgo de arrastre de cemento fresco si no se aíslan frentes de vaciado en la fundición de obra civil
		Biótico	Vegetación	Biodiversidad	Retiro puntual de cobertura ribereña para obras civiles; pérdida temporal de sombra y microhábitats, mitigable con revegetación nativa. Perturbación de macroinvertebrados y peces por enturbiamiento y ruido; evitar época

			reproductiva y mantener pasos de fauna acuática.
	Humano	Salud	Riesgos laborales por excavaciones, trabajo en cauce y manejo de maquinaria; exige señalización y planes de contingencia.
		Economía	Generación de empleo local para excavación, encofrado, armado y transporte, alimentación, dinamiza servicios de apoyo al sector.

Tabla 3.6 Impactos ambientales de las actividades al entregar el proyecto

Etapa del proyecto	Factores medio ambiental	Relación ambiental	Impacto ambiental (captación)	
Entrega de proyecto	Físico	Clima	Temperatura	No genera impacto apreciable, la superficie expuesta queda mínima.
		Aire	Nivel de aire	No genera impacto, los frentes de obra se encuentran cerrados y sin fuentes de polvo.
			Nivel de ruido	No genera impacto, la maquinaria pesada deja de operar y solo quedan verificaciones puntuales.
		Suelo	Tipo de suelo	
	Topografía			No genera impacto
	Erosión			No genera impacto cuando taludes y márgenes quedan protegidos con enrocado/revegetación.
	Calidad del suelo			No genera impacto, los acopios y residuos salen del sitio.

	Agua	Nivel de calidad del agua	Riesgo bajo de afectación por fugas o descargas de prueba; se realiza estanqueidad, contención y disposición controlada de lodos para evitar enturbiamiento y se respeta el caudal ecológico.
Biótico	Vegetación	Biodiversidad	Recuperación de cobertura vegetal en taludes y riberas.
Humano	Salud	Salud	Mejora de disponibilidad de agua de riego y reducción de conflictos por abastecimiento; mayor seguridad del sistema.
	Economía	Trabajo	Inicio de operación comunitaria con costos de O&M cubiertos por tarifa de la Junta; incremento de productividad agropecuaria.

Tabla 3.7 Impactos ambientales por actividades de operación y mantenimiento.

Etapa del proyecto	Factores medio ambiental	Relación ambiental	Impacto ambiental (captación La Palma)	
Operación y mantenimiento		Clima	Temperatura	No genera impacto apreciable.
		Aire	Calidad del aire	No genera impacto apreciable.
			Nivel de ruido	No genera impacto apreciable.
	Físico	Suelo	Tipo de suelo	Sin impacto si las labores se restringen a áreas intervenidas y caminos existentes.
			Topografía	No genera impacto apreciable.
		Suelo	Erosión	Riesgo bajo en taludes y accesos; control con revegetación, cunetas y mantenimiento de enrocados.
			Calidad del suelo	Riesgo bajo de contaminación por aceites, manejo y almacenamiento controlados.

	Agua	Nivel de calidad de agua	Variaciones breves por purgas y operación del desarenador; se respeta el caudal ecológico.
Biótico	Vegetación	Biodiversidad	Sin impacto cuando se mantiene la franja ribereña y se consolida la revegetación de taludes.
	Salud	Salud	Mayor seguridad hídrica por dotación de riego y reducción de conflictos por abastecimiento.
Humano		Trabajo	Participación de usuarios en actividades de limpieza y contratación de mano obra de O&M.
	Economía	Costo	Costos de O&M cubiertos por tarifa comunitaria; ahorro por menor frecuencia de limpiezas con rejilla de fondo.

3.2.2.3 Valoración del impacto ambiental

Para la implantación de la captación de agua, la valoración ambiental se estructuró un análisis cualitativo con el cálculo de un índice integrado de impacto, en el que la interacción del proyecto y el medio se puntúa y se pondera de manera explícita, se utilizó una matriz de doble entrada tipo Leopold adaptada, donde las filas se dispusieron los factores medio ambientales (aire, suelo, agua, vegetación, fauna y medio humano) y en las columnas se colocó las acciones de cada fase.

Luego de determinar el valor numérico de cada parámetro en función de las actividades que se desarrollan en el proyecto, se procedió a calcular el impacto ambiental total mediante la ecuación (3.14):

(3.14)

$$I_{\text{ambiental}} = \pm \sqrt{\text{Impacto} * |\text{Magnitud}|}$$

Donde:

$I_{\text{ambiental}}$ = es la importancia del impacto ambiental del proyecto

Magnitud = Valor absoluto de la magnitud

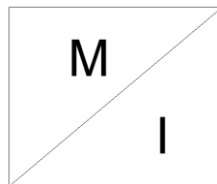


Figura 3.4 Celda relación impacto y magnitud.

Para la matriz del proyecto cada interacción proyecto – ambiente recibe dos calificaciones: M, que representa la magnitud del efecto en una escala 1-10 con signo positivo o negativo según beneficie o perjudique al medio, e I, que refleja la incidencia (extensión, frecuencia y persistencia) también en una escala del 1 – 10; las sumas por filas reúne la presión total sobre cada factor medio ambiental (clima, aire, suelo, agua, vegetación, fauna y medio humano) y las sumas por columnas entregan el peso relativo de cada acción de construcción y operación, con lo cual, se obtiene un índice comparativo para priorizar medidas y elegir la alternativa que requiere menor impacto, lo que sugiere un criterio técnico (Tabla 3.8). Así mismo, si el equipo de trabajo es

multidisciplinar, la manera obtener los resultados será más clara y objetiva y servirá como un estudio preliminar.

Tabla 3.8 Interacciones existentes para el proyecto.

Actividades del proyecto		Factores medio ambientales afectados								
		Aire		Suelo			Agua	Vegetación	Humano	
		Nivel de aire	Nivel de ruido	Tipo de suelo	Topografía	Erosión	Calidad del suelo	Nivel de calidad de agua	Biodiversidad	Salud
Limpieza y desbroce	y	x	x					x	x	
Transporte de equipos y maquinaria	de y	x	x			x				x
Remoción de vegetación	de								x	
Excavación de suelo para cimentaciones	de para	x	x		x	x			x	
Relleno y compactación	y			x			x			
Colocación de encofrado y hormigón	de y			x						x
Desalojo de escombros	de	x						x		x
Capacitación a usuarios para el mantenimiento	a para el								x	
Mantenimiento de rejilla, y componentes de la captación	de y de							x		x

Tabla 3.9 Evaluación del Índice de impacto ambiental

Factores medio ambientales afectados		Factores ambientales afectados														
		Aire		Suelo				Agua	Veget	Humano		Síntesis				
		Nivel de aire	Nivel de ruido	Tipo de suelo	Topografía	Erosión	Calidad del suelo	Nivel de calidad de agua	Biodiversidad	Salud	Economía	Número de interacciones +	Número de interacciones -	Σ +	Σ -	
Obra y construcción	Limpieza y desbroce	-8/9	-5/8					-3/5	-7/9			0	4	0	23/31	
	Transporte de equipos y maquinaria	-5/8	-4/8			-3/5					+3/5	1	3	3/5	12/21	
	Remoción de vegetación								-9/10			0	1	0	9/10	
	Excavación de suelo para cimentaciones	-6/8	-5/9		-2/5					-6/9			0	4	0	19/31
	Relleno y compactación			-3/5			-1/3					0	2	0	4/8	
	Colocación de encofrado y hormigón			-3/5				+2/4			+2/4	2	1	4/8	3/5	
	Desalajo de escombros							-2/7			+1/3	1	1	1/3	2/7	
Entrega del proyecto	Capacitación a usuarios para el mantenimiento									+1/3		1	0	1/3	0	
Operación y mantenimiento	Mantenimiento de rejilla, y componentes de la captación	-2/6								+3/6	+1/3	2	1	4/8	2/6	
Síntesis	Número de interacciones +							1		2	4	7				
	Número de interacciones -	4	3	2	1	1	1	2	3				17			
	Σ +							2/4		4/9	7/15			11/27		
	Σ -	20/31	14/25	6/10	2/5	3/5	1/3	5/12	22/28						74/119	
														+	1,57/3,86	

	PROMEDIO DEL PROYECTO		-	4,35/7,00
--	-----------------------------	--	---	-----------

El balance de impacto indica un promedio positivo de +1,57/3,86 frente a un promedio negativo de -4,35/7,00 (Tabla 3.9), por lo que, el impacto negativo supera al positivo y obliga a implementar un Plan de Manejo Ambiental con énfasis en control de sedimentos y estabilidad de taludes, así como limpieza y desbroce, remoción de vegetación, excavación de suelo y desalojo de escombros. Otras actividades que se debe prestar atención al transporte y operación de maquinaria e instalaciones que pueden causar ruido y polvo, en contraste se observa aportes favorables asociados a la capacitación de usuarios, mantenimiento y operación de la rejilla y componentes del a captación, acciones que refuerzan la salud y economía comunitaria.

3.2.2.4 Medidas de prevención

Luego de evaluar la matriz de impactos para la implementación de la captación, muestra interacciones negativas concentradas en desbroce, remoción de vegetación, excavación, relleno y manejo de escombros, con efectos positivos asociados a capacitación y mantenimiento; por ello se define medidas de prevención y mitigación orientado a reducir turbidez, erosión y pérdida de cobertura vegetal, garantizar trabajo y ordenar residuos, de manera que la obra de captación y sus componentes opere de manera eficiente. Por lo tanto, con base a la recopilación de información e investigación de índices de impacto ambiental, se ha caracterizado las actividades del proyecto en la cual se identificó efectos positivos y negativos, partir de esto se presentan medidas para la prevención y mitigación que se detallan en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10 Medidas de prevención ambientales

Fase de proyecto	Actividades identificadas	Impacto causado	Medidas ambientales preventivas
Obra y construcción	Desbroce y limpieza	Negativo	Delimitar la zona de obra; rociar agua para controlar polvo; proteger árboles de ribera con malla y mantener franjas de protección; señalización perimetral.
	Transporte de equipos y maquinaria	Negativo	Definir rutas y horarios; mantenimiento de motores; prohibir reabastecimiento en ribera; kit de contención de derrames.

	Remoción de vegetación	Negativo	Restringir el desbroce a lo replanteado; preservar banda ribereña; trasplantar plántulas útiles; reponer cobertura con nativas al cierre de cada frente.
	Excavación de suelo para cimentaciones	Negativo	Trabajar en seco; acopiar excavados sobre lonas; estabilizar taludes con enrocado y geotextil.
	Relleno y compactación	Negativo	Compactar por capas y verificar densidades; humectar para minimizar polvo; limitar uso de compactadores.
	Colocación de encofrado y hormigón	Negativo	Aislar frentes de vaciado para evitar contacto del cemento fresco con el cauce; prohibir lavado de equipos en ribera.
	Desalojo de escombros	Negativo	Retiro diario de escombros y finos; trampas de sedimentos en puntos de descarga.
Entrega de proyecto	Capacitación a usuarios para el mantenimiento	Positivo	Formación a la Junta de riego en limpieza de rejilla, purga del desarenador, aforos y registros en bitácora; seguridad y respuesta ante incidentes.
Operación y mantenimiento	Mantenimiento de rejilla y componentes de la captación	Positivo	Limpieza periódica de los componentes de la captación; purgas con decantación al destripador; limpieza periódica del desarenador.

3.3 Resultados del tercer objetivo específico

3.3.1 Análisis hidrológico para el diseño de la obra de captación

3.3.1.1 Análisis de confiabilidad de datos meteorológicos

El análisis de homogeneidad y consistencia de datos de precipitación se realizó para las cinco estaciones vinculadas a la microcuenca de captación por medio del análisis de doble masa a través del software libre *Hydrognomon*. De acuerdo con la Tabla 3.11, se observa que los registros presentan consistencia, con coeficientes de determinación (R^2) superior a 0,999 sin evidencias de cambio relevantes en la tendencia, lo que respalda la confiabilidad de la información en el estudio hidrológico.

Tabla 3.11 Análisis de confiabilidad de datos meteorológicos y Coeficiente de determinación R²

CODIGO	Estación	Código	Coeficiente de determinación R ²
1	La Argelia	M033	0,999
2	Gonzanamá	M149	1,000
3	Malacatos	M143	1,000
4	Cajanuma	M543	0,999
5	Catamayo	M060	1,000

Además, para evaluar la confiabilidad de los registros pluviométricos se elaboró las curvas de doble maza, mediante las cuales se comprobaron los valores de precipitación de cada estación con respecto a una estación de referencia, procedimiento que permitió verificar la consistencia estadística de datos como se muestra en la Figura 3.5, mientras que en el **Anexo 3** se incluye las gráficas de las demás estaciones que respaldan el análisis.

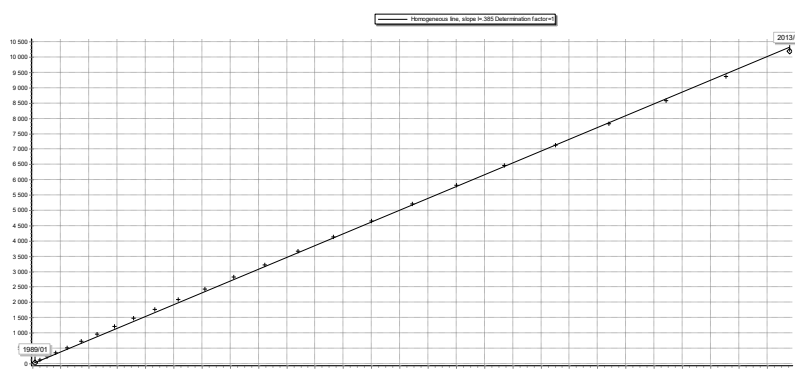


Figura 3.5 Análisis de doble masa de la estación Catamayo.

3.3.1.2 Precipitación media de la microcuenca La Palma

La precipitación media de la microcuenca en el periodo 1989 – 2013, muestra una tendencia dinámica, por lo que, los valores se observa que le método del SCS estima registros ligeramente superiores frente al método de isoyetas con diferencias que varían entre 3 y 7 mm en la mayoría de los mese; esta variación responde al criterio ponderado utilizado por el SCS, que otorga mayor peso a la distribución espacial de las estaciones dentro de la cuenca, lo cual explica que sus resultados sean más altos en meses de máxima precipitación, como marzo con 158,20 mm frente a 152,15 mm del método de la isoyetas, mientras que en la estación seca ambos métodos muestran convergencia,

registrando valores mínimos de 38,89 mm en agosto y 42,71 mm en septiembre (Tabla 3.12). En función de la estabilidad de los datos generados, se adoptó los del método de la SCS como base para la generación de caudales. La estadística de precipitación media se detalla en el Anexo 2.

Tabla 3.12 Precipitación media mensual generada para la microcuenca La Palma (mm).

MES	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
MÉTODO SCS	104.18	148.92	158.20	109.26	68.50	62.15	51.30	43.64	42.71	76.11	81.40	102.15
ISOYETAS	97.36	141.73	152.15	105.38	64.33	55.26	45.90	38.89	39.14	72.00	76.44	96.30

Estos resultados coinciden por los encontrados por Ribeiro et al. (2021) quienes señalan que las discrepancias entre métodos dependen de la incertidumbre y de la densidad de estaciones; de forma similar, Helmi et al. (2023) y Mohammed et al. (2024) evidenciaron que técnicas con soporte espacial tienden a estimar valores ligeramente superiores, lo que explica los picos más altos obtenidos con las isoyetas.

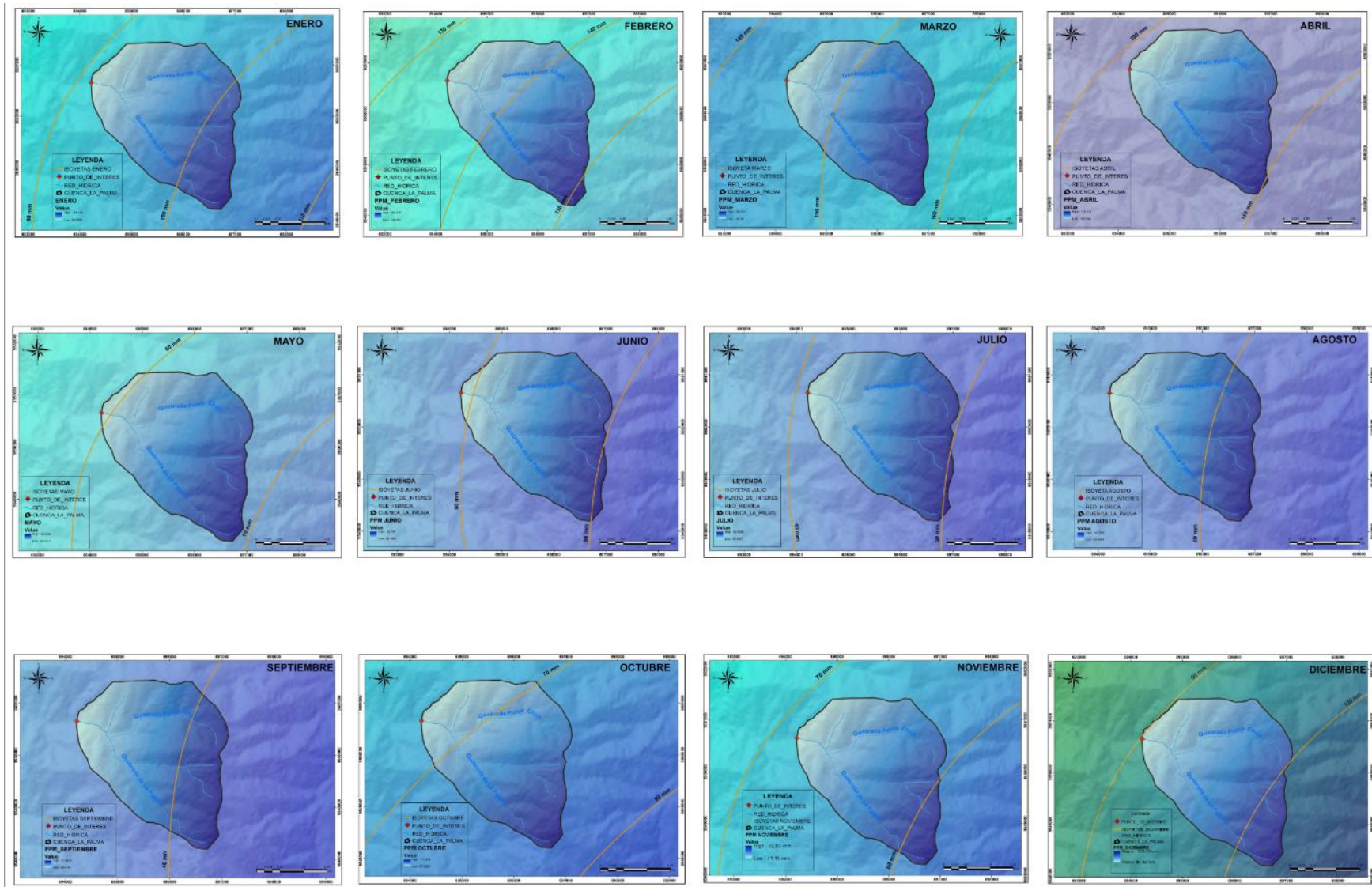


Figura 3.6 Distribución espacial-temporal de la precipitación de la microcuenca La Palma.

3.3.1.3 Caudales medios de la microcuenca (método del número de curva)

Debido a la ausencia de estación hidrométrica, los caudales medios mensuales de la quebrada La Palma se estimaron utilizando el método SCS – CN. Para lo cual, primero se calculó el número de curva para el área de estudio dando un CN de 58.43 (**Anexo 5**). De acuerdo con la Tabla 3.13 se puede observar que existe un pico de enero a marzo (62,0 – 71.4 L/s) y un mínimo en abril (46,3 L/s) y un régimen estable de mayo a octubre (51,7 -53,0 L/s), lo cual, se puede atribuir a suelos humedecidos al inicio del año, endiámetros fuerte característicos de la zona. Este comportamiento concuerda con Mera - Parra et al. (2021) quienes mencionan que en cuencas andinas la respuesta hidrológica se debe al uso del suelo y la topografía. Así mismo, González – González et al. (2016) determinan un CN de 45 lo cual, coincide con la determinada para el proyecto y mencionan que se debe calibrar en función del suelo y cobertura vegetal. Por otra parte, Duque et al. (2025) en su estudio mediante la aplicación del método de Budyko para predecir caudales anuales en la cuenca Catamayo recomienda contrastar los caudales generados con métodos empíricos con una campaña de aforos con la finalidad de contrastar y tener veracidad y poderlos utilizar en el diseño de infraestructura hidráulica.

Tabla 3.13 Caudales medios mensuales generados por el método del número de curva para la microcuenca La Palma (L/s)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
SIMULADO	46.4	62.0	71.4	46.3	51.7	51.8	52.7	52.7	52.7	52.7	51.7	50.2	53.5

3.3.1.4 Análisis de caudales mediante la curva de duración general

El análisis de caudales se lo hizo en función de la curva de duración general (Figura 3.7), en donde se determinó los caudales $Q_{80\%} = 24,0 \text{ L/s}$, $Q_{85\%} \approx 18,50 \text{ L/s}$ y $Q_{95\%} = 10,81 \text{ L/s}$ (**Tabla 3.14**). Al comparar esos valores con el caudal autorizado de **9,463 L/s** establecido en la Resolución 10817-2023-A (**Anexo 1**) destinado 9,0 l/s para riego presurizado (aspersión y goteo) y 0,0463 l/s para abrevadero de animales. Además, se evidencia que esta caudal está **por debajo de $Q_{95\%}$** , por tanto, reduce la probabilidad de afectar el caudal ecológico y otorga margen frente a estiajes.

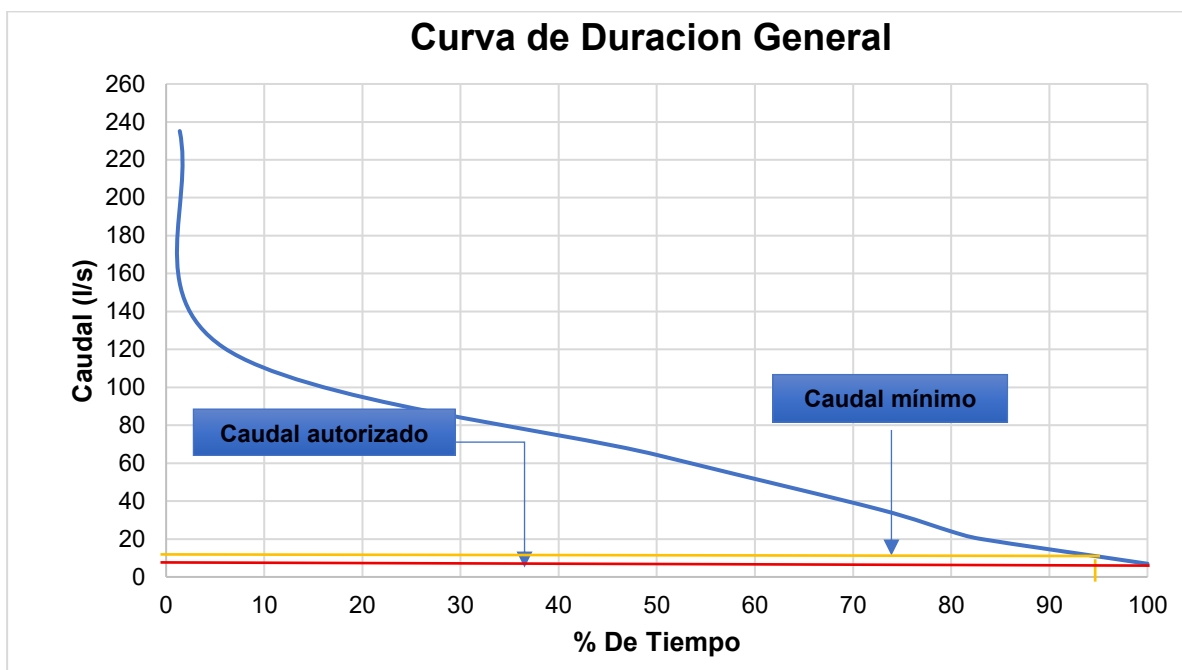


Figura 3.7 Curva de duración general - Caudal de autorizado

Tabla 3.14 Caudal mínimo para la Quebrada La Palma

% DE EXCEDENCIA	Q (l/s)
Q 80 %	24,00
Q 90 %	18,50
Q 95 %	10,81

De acuerdo con la Tabla 3.15, los caudales aforados, tanto con molinete como con flotador (setiembre 2025, Anexo 14 y 15), superan ampliamente el caudal autorizado de 9,466 l/s, con valores de 128,98 l/s y 135,95 l/s, respectivamente. Además, el caudal aforado que sirvió para la autorización de uso y aprovechamiento de agua (noviembre 2024) de 111,71 l/s también excede el caudal permitido. Por otro lado, los caudales determinados en el estudio hidrológico, con el Q_{80%} (24,00 l/s), Q_{90%} (18,50 l/s) y Q_{95%} (10,81 l/s), son superiores al caudal autorizado, lo que garantiza que no existan dificultades para captar el caudal de diseño y poder bastecer de agua a zona riego de la junta Pucareña - El Tambo.

Tabla 3.15 Caudales aforados, autorizados y generados del estudio hidrológico para la Quebrada La Palma

Aforo		Autorización de agua		Estudio hidrológico		
<i>Caudal aforado molinete (l/s)</i>	<i>Caudal aforado flotador (l/s)</i>	<i>Caudal aforado para autorización (l/s)</i>	<i>Caudal autorizado (l/s)</i>	<i>Q 80 % (l/s)</i>	<i>Q 90 % (l/s)</i>	<i>Q 95 % (l/s)</i>
128,98	135,95	111,71	9,466	24,00	18,50	10,81

3.3.1.5 Caudal de diseño

El caudal adoptado para la captación de la quebrada La Palma se estableció en 24,0 l/s, valor que coincide con el caudal de estiaje y que resulta superior al caudal autorizado de 9,466 l/s (Tabla 3.14 y 3.15), motivo por el cual se seleccionó un caudal de 20,0 l/s como base de diseño y se destinó 4,0 l/s, equivalente al 20 %, para caudal ecológico, decisión que no solo responde a criterios técnicos sino también a necesidades de planificación, ya que los usuarios han manifestado la intención de ampliar el área de riego e incorporar nuevos beneficiarios, circunstancia que exige dimensionar la obra con capacidad suficiente para cubrir la demanda agrícola y evitar redimensionamientos posteriores, al mismo tiempo que se asegura la permanencia de un flujo mínimo indispensable para conservar la vida acuática aguas abajo, lo cual se encuentra en concordancia con lo dispuesto en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos del Ecuador que reconoce la intangibilidad de los caudales ambientales (IUCN, 2020), criterio que se fortalece con la evidencia técnica que respalda el uso de un mínimo de 20 % del caudal como referencia ecológica, tal como lo señala Albán (2024) al recomendar un rango de 20 a 30 % del caudal natural para garantizar las funciones ecosistémicas, y se complementa con estudios que validan la pertinencia de metodologías holísticas en la estimación de caudales ambientales, como el trabajo de Chavarría-Pizarro et al. (2024), quienes destacan que la integración de enfoques hidrológicos, hidráulicos y biológicos permite obtener estimaciones más coherentes y prudentes, capaces de equilibrar la conservación ecológica con las demandas agrícolas que sustentan el desarrollo comunitario.

3.3.1.6 Análisis de máximas crecidas

3.3.1.6.1 Ajuste gráfico de las estaciones

Con el fin de tener confiabilidad en los datos de precipitación máxima en 24 horas, se realizó el análisis de ajuste de datos de las cuatro estaciones mediante el software *Hydrognomon*, en donde, se efectuó un análisis de frecuencias a través de métodos estadísticos comparando con los valores Weibull. Se verificó el ajuste que más se adaptó a los datos, en donde se escogió el método Gamma para las estaciones de La Argelia y Malacatos y Log Normal para Catamayo y Gonzanamá. Los ajustes se muestran en las Figuras 3.8, 3.9, 3.10 y 3.11.

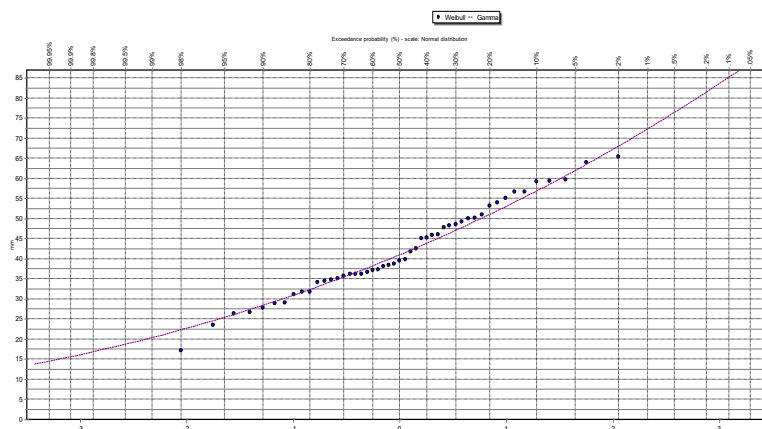


Figura 3.8 Ajuste gráfico para la estación de La Argelia.

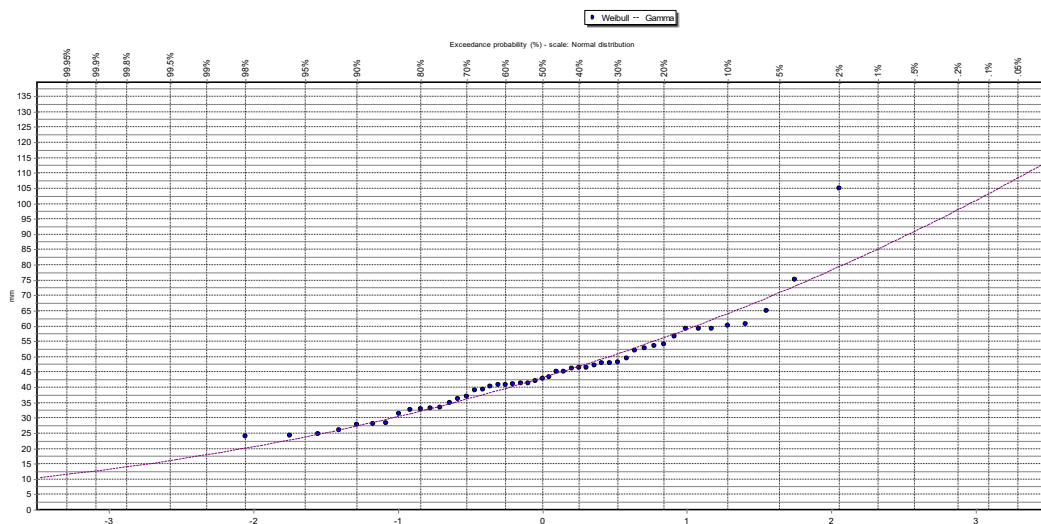


Figura 3.9 Ajuste gráfico para la estación de Malacatos

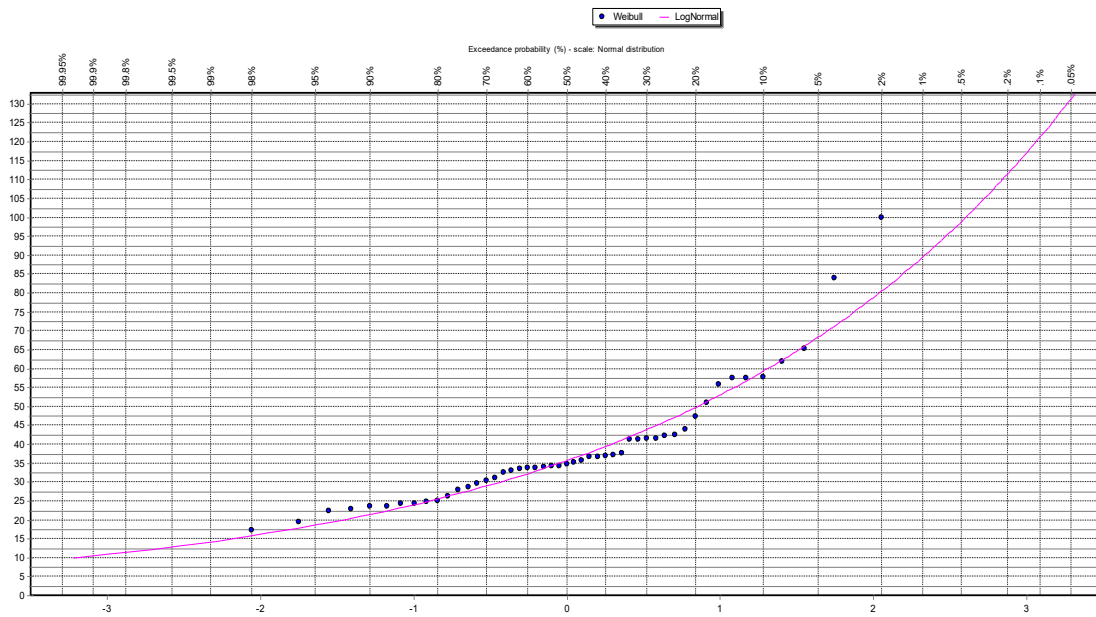


Figura 3.10 Ajuste gráfico para la estación de Catamayo

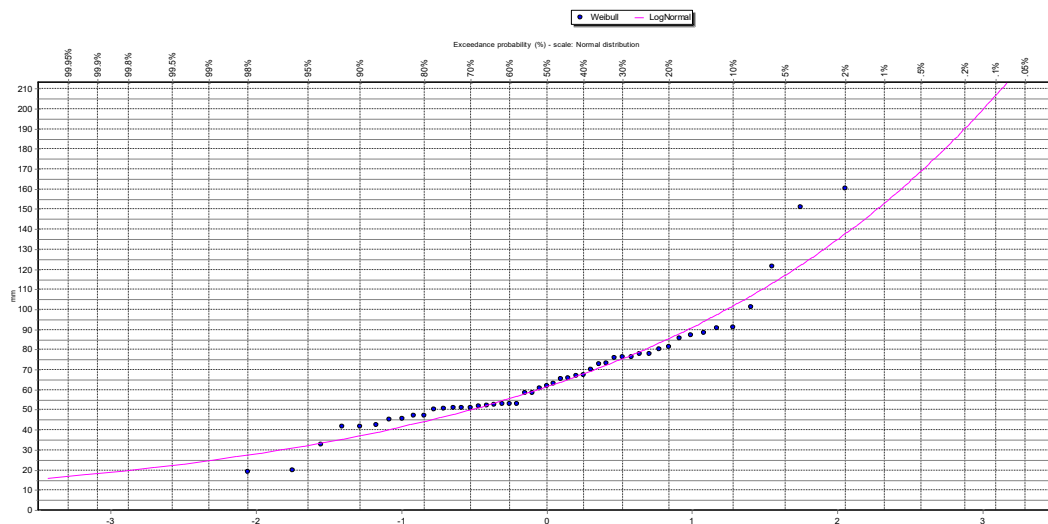


Figura 3.11 Ajuste gráfico para la estación de Gonzanamá

Luego del análisis de ajuste de datos, se seleccionó el método global en donde se comparó el gráfico con la prueba de estadística de Kolmogórov-Smirnov a través del software *Hydrognomon* (Anexo 9). En la Tabla 3.16 y las figuras adjuntas se puede observar que existe una coincidencia, por lo tanto, el método de mejor ajuste para las estaciones La Argelia y Malacatos fue Gamma y ara las estaciones Catamayo y Gonzanamá fue Log Normal.

Tabla 3.16 Ajuste Kolmogórov-Smirnov $\alpha=10\%$

Análisis	La Argelia		Gonzanamá		Malacatos		Catamayo	
Estadístico	Dmax alcanzado (%)		Dmax alcanzado (%)		Dmax alcanzado (%)		Dmax alcanzado (%)	
Gamma	0,06371	98,80%	0,09908	71,87%	0,06619	98,19%	0,11419	54,19%
Log Normal	0,07694	93,19%	0,08071	90,47%	0,0775	92,83%	0,08963	82.31%

3.3.1.6.2 Precipitación máxima en 24 horas

De acuerdo con los datos obtenidos de precipitación máxima en 24 horas mediante los métodos de *Gumbel* y *Hydrognomon*, se determinaron las precipitaciones máximas para diferentes periodos de retorno en las estaciones de La Argelia, Catamayo, Malacatos y Gonzanamá. Por ejemplo, para $Tr = 50$ años, el valor de Gumbel en La Argelia es de 74,42 mm y en Catamayo de 84,65 mm (Tabla 3.17). Estos valores se usaron para trazar las isoyetas máximas, que permitieron determinar la precipitación máxima en 24 horas mediante el software *QGIS*. Con esta información se obtuvo la precipitación de diseño para el proyecto de 68,49 mm para un TR de 25 años; 74,98 mm para un TR de 50 y 81,30 mm para un TR de 100 años (Tabla 3.18). Además, a partir de esta información, se generó la intensidad máxima diaria y a través de las ecuaciones del INAMHI para la zona 17 se obtuvo las curvas IDF (Figura 3.12 y 3.11). Toda esta información permitió calcular el caudal de máxima crecida necesario para el diseño de la obra de captación de rejilla de fondo.

Tabla 3.17 Precipitación máxima en 24 horas de las estaciones analizadas, para diferentes Tr

Método	Tiempo de retorno	La Argelia (M033)	Catamayo (M060)	Malacatos (M143)	Gonzanamá (M149)
Gumbel	Tr= 25	67,61	74,99	77,89	128,46
	Tr= 50	74,42	84,65	86,71	144,92
	Tr= 100	81,17	94,23	95,46	161,25
Hydrognomon	Tr= 25	63,50	71,39	73,03	122,28
	Tr= 50	68,06	80,49	79,28	137,72
	Tr= 100	72,34	89,67	85,19	153,27

Tabla 3.18 Precipitación máxima en 24 horas para el proyecto, para diferentes Tr

Métodos	Tr = 25 años	Tr = 50 años	Tr = 100 años
Método Gumbel	70,59	78,12	85,65
Método Hydrognomon	66,38	71,84	76,96
Promedio del proyecto	68,49	74,98	81,30

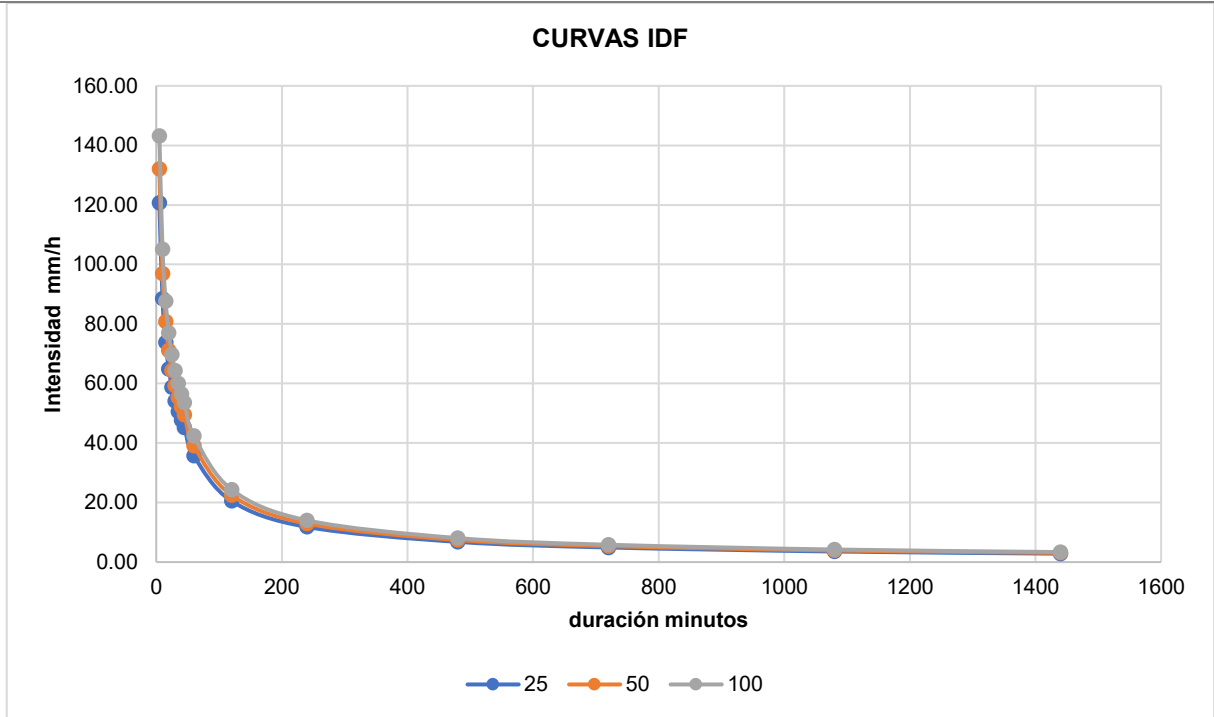


Figura 3.12 Curvas de IDF

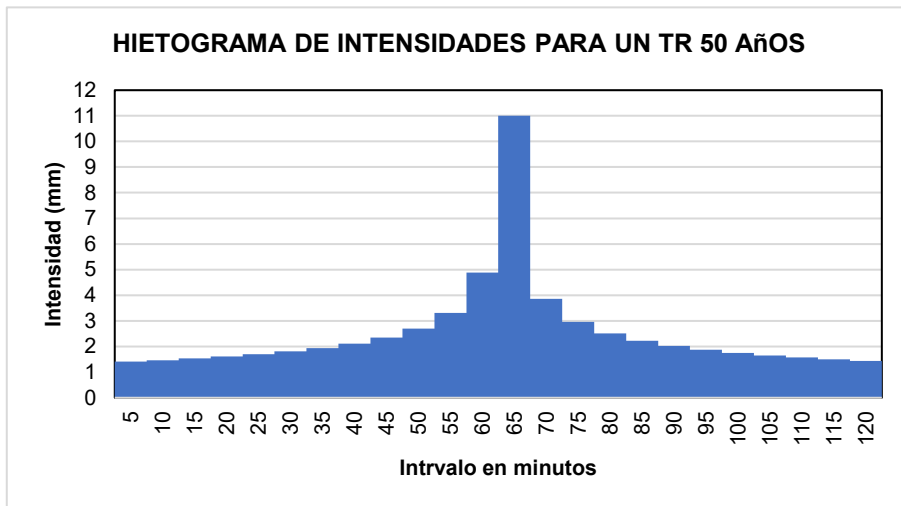


Figura 3.13 Hietograma de intensidades ara un TR = 50 años

3.3.1.6.3 Caudales de crecida a diferentes periodos de retorno

El caudal de diseño de máxima crecida se determinó con varios métodos de acuerdo con la Tabla 3.19, en donde, se seleccionó un caudal de diseño de máxima crecida de 8,36 m³/s para un TR = 50 años. Esto concuerda con el estudio de Cajas (2019) en donde

recomienda seleccionar un período de retorno de 50 años, con el fin de asegurar la capacidad de la infraestructura frente a avenidas máximas, garantizar la estabilidad de la estructura y el suministro de agua. Esto se ratifica con Borrayo (2008) quien menciona la sección de un periodo de retorno de 50 años permite regular los caudales, optimizar la inversión económica y asegura la funcionalidad de las obras hidráulicas frente a avenidas máximas.

Tabla 3.19 Caudales de máxima crecida par diferentes periodos de retorno

Método	Intensidad	TR = 25 años	Caudal de diseño
V.T.Chow		68.5	4.92
Snyder		68.5	10.79
Scs		68.5	6.42
Racional		68.5	9.88
Caudal de diseño			8.00
Método	Intensidad	TR = 50 años	Caudal de diseño
V.T.Chow		75.0	3.45
Snyder		75.0	11.81
Scs		75.0	4.51
Racional		75.0	13.65
Caudal de diseño			8.36
Método	Intensidad	TR = 100 años	Caudal de diseño
V.T.Chow		81.3	2.29
Snyder		81.3	12.81
Scs		81.3	2.99
Racional		81.3	16.34
Caudal de diseño			8.61

3.3.2 Diseño de captación de rejilla de fondo

El diseño está basado en barrotes de pletina rectangulares de dimensiones *altura e* = 38,1 mm; *espesor t* = 12,5 mm y *separación s* = 20 mm. El ángulo de inclinación longitudinal de la rejilla corresponde a 20% con el fin de alcanzar una eficiencia alta. Para el diseño se utilizaron los siguientes datos de partida. Los resultados del diseño se detallan en la Tabla 3.20 y los cálculos que respaldan el diseño de la rejilla se adjuntan en la memoria técnica.

3.3.2.1 Datos de diseño

- ✓ Caudal de diseño: $Q_d = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Caudal de estiaje: $Q_e = 0,024 \text{ m}^3/\text{s}$

- ✓ Caudal de máxima crecida: $Q_{cr} = 8,36 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Ancho de la captación: $A_z = 5,0 \text{ m}$
- ✓ Cota al pie del dique: $2213,62 \text{ m}$
- ✓ Elevación del azud: $P = 1,0 \text{ m}$
- ✓ Pletinas (barrotes): altura $e = 38,1 \text{ mm}$, espesor $t = 12,5 \text{ mm}$, separación $s = 20 \text{ mm}$
- ✓ Pendiente de la rejilla: $i = 0,20$
- ✓ Obstrucción por sólidos: $f = 20 \%$
- ✓ Pendiente del fondo de la galería: $S = 5 \%$
- ✓ Longitud de rejilla asumida: $L_r = 0,20 \text{ m}$
- ✓ Ancho de muro: 0 m

Como se observa en la Tabla 3.20, la rejilla de fondo queda conformada por 20 barrotes de pletina (espesor $t = 12.5 \text{ mm}$, altura $e = 38.1 \text{ mm}$) y 21 espacios de $s = 20 \text{ mm}$, lo que define un ancho total adoptado $b = 0.70 \text{ m}$ y longitud $L_r = 0.20 \text{ m}$ con inclinación $i = 0.20$. El ancho hidráulico requerido por el caudal de diseño fue de $b = 0.80 \text{ m}$, valor que la disposición adoptada supera con holgura. Por su parte, la rejilla se coloca 0.05 m bajo la cresta del azud para evitar arrastre superficial, quedando a cota 2214.55 m cuando la cresta del azud está en 2214.62 m .

Tabla 3.20 . Diseño de la rejilla de fondo mediante el método de Krochin (1986)

Denominación	Ecuación	Símbolo	Diseño	Unidad	Justificación
Relación e/s	$\frac{e}{s}$	e/s	1,905	-	Pletinas delgadas (e/s < 4) → C ₀ = 0.50
Coefficiente de contracción	$C = C_0 - (0.325i)$	C	0,440	-	i = 0.20; C ₀ = 0.50
Coefficiente de reducción de área	$k = (1 - f) \left(\frac{s}{s + t} \right)$	k	0,492	-	f = 0.20; s = 20 mm; t = 12.5 mm
Modulo (paso) de rejilla	$p = s + t$	p	0,0325	m	Separación + espesor de pletina
Ancho hidráulico requerido	$b = 0,3125 * Qd^{0,44} * C^{0,20} * k * Lr$	b	0,80	m	Ecuación para rejillas de fondo
Número de espacios	$N_{esp} = \frac{b - t}{s + t}$	#e	24,0	u	Redondeo hacia arriba para cumplir separación
Número de barros	$N_{bar} = N_{esp} - 1$	#b	23,00	u	Barros = espacios - 1
Ancho adoptado de rejilla	$B_{adopt} = N_{esp} * p$	B	0,80	m	Ancho total constructivo
Perdida de carga a la entrada	$h_e = \left(\frac{Qd}{2,55 * C * k * b * Lr} \right)^2$	h _e	0,07	m	Evitar arrastre superficial
Longitud de rejilla	$L_r = 0,20 \text{ m}$	Lr	0,20	m	Longitud en sentido del flujo
Dimensiones de la rejilla	L*b		0,20 x 0,80	m	

3.3.2.2 Diseño de galería o canal de aducción

3.3.2.2.1 Datos de diseño

- ✓ $Q_d = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$,
- ✓ $Q_{cr} = 8,36 \text{ m}^3/\text{s}$
- ✓ Long. de cresta del azud: $Az = 5,00 \text{ m}$
- ✓ Altura de cresta sobre el pie, $P = 1,00 \text{ m}$
- ✓ Cota cresta = 2214.62 m
- ✓ Cota pie del dique = 2213,62 m
- Rejilla ya dimensionada: $B = 0,80 \text{ m}$
- ✓ $i = 0,20$
- ✓ $f = 0,20$
- ✓ $L_r = 0,20 \text{ m}$
- ✓ $\Delta_{he} = 0,07 \text{ m}$
- ✓ Pendiente del fondo, $S = 5\%$
- ✓ Rugosidad de Manning, $n = 0.014$ (concreto)

Los resultados de diseño muestran que para la galería se dimensionó considerando el caudal de diseño de $0,020 \text{ m}^3/\text{s}$ y un caudal de crecida de $8,36 \text{ m}^3/\text{s}$. La cota de cresta y la cota al pie del azud establecen un desnivel de $1,00 \text{ m}$, que junto con la pendiente de fondo del 5% favorece la conducción del agua hacia la galería. Las dimensiones de la galería fueron de $0,80 \text{ m}$, junto con la abertura de $0,19 \text{ m}$ de la galería (Figura 3.14), permite un ingreso adecuado del caudal de diseño, manteniendo condiciones de seguridad hidráulica frente a obstrucciones. El cálculo considera además la rugosidad de Manning correspondiente al concreto ($n = 0,04$), factor que asegura una estimación realista de las pérdidas de energía y de la velocidad de escurrimiento. La pérdida de carga localizada, estimada en $0,07 \text{ m}$, se mantiene dentro de un rango aceptable que no compromete la eficiencia del sistema.

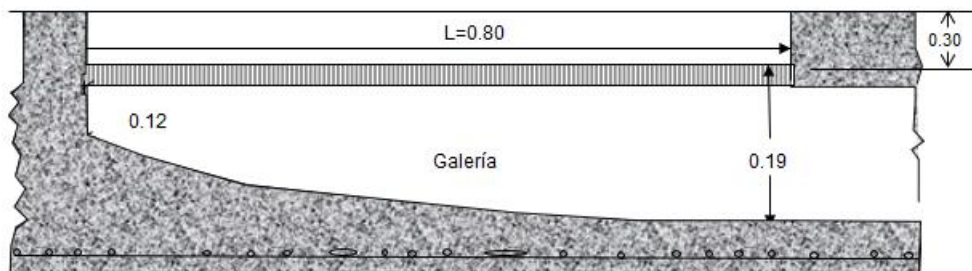


Figura 3.14 Perfil longitudinal del eje de la galería

3.3.2.2 Pérdidas por fricción y velocidad en la galería de captación según Zamarin

Los resultados del análisis hidráulico de la galería muestran que la velocidad del flujo se mantiene en valores controlados, alcanzando un máximo de 2,4 m/s, mientras que la pérdida de carga por fricción resulta baja, con un valor de 0,193 m (Tabla 3.21), lo cual asegura un tránsito eficiente del caudal sin comprometer la capacidad estructural. El perfil longitudinal evidencia un descenso progresivo de la cota desde 2214,39 m en el inicio hasta 2213,376 m en la entrada al desripiador (Tabla 3.22).

Tabla 3.21 Pérdidas por fricción y velocidad en la galería de captación según Zamarin

X	Q _x (m ³ /s)	V _x (m/s)	A _x (m ²)	Δ _x	J _x	J _{med}	Δ _{hf}	Σ _{hf}	V ² /2g	Z _g
0,1	0,0022	0,9151	0,0024	0,0137	0,1216	0,0608	0,0121	0,0121	0,0427	0,0655
0,2	0,0046	0,948	0,0048	0,0264	0,0625	0,0921	0,0092	0,0213	0,0459	0,0896
0,3	0,0068	0,981	0,007	0,0383	0,046	0,0543	0,0049	0,0262	0,0491	0,1057
0,4	0,009	1,0141	0,009	0,0494	0,0388	0,0423	0,0042	0,0309	0,0524	0,1218
0,5	0,0114	1,0472	0,0109	0,0598	0,035	0,037	0,0036	0,0347	0,0558	0,1371
0,6	0,0136	1,0805	0,0126	0,0695	0,033	0,0341	0,0034	0,0381	0,0595	0,1531
0,7	0,0159	1,1139	0,0143	0,0787	0,0318	0,0323	0,0032	0,0413	0,0631	0,1687
0,8	0,0182	1,1473	0,016	0,0874	0,0313	0,0316	0,0032	0,0445	0,0669	0,1795
0,9	0,0204	1,1785	0,0173	0,0956	0,0311	0,0312	0,0031	0,0476	0,0708	0,193

Tabla 3.22 Resumen del diseño de la galería

Parámetro	Ecuación	Símbolo	Diseño	Unidades	Justificación
Caudal de diseño	—	Q _d	0,020	m ³ /s	Caudal captado por rejilla
Ancho hidráulico	—	B	0,80	m	Igual al ancho útil a la salida de rejilla
Longitud de galería	—	L _g	0,80	m	Criterio del anexo
Carga con caudal de crecida	$H_c = \left(\frac{Q_{cr}}{1,84 * Az} \right)^{2/3}$	H _c	0,938	m	Sobre cresta del azud
Pérdida en galería	Σ h _f	Σ h _f	0,193	m	Resultado de la tabla
Cota agua en creciente	Cota pie + P + H _c	2213,62, (P=1,0)	2215,558	m s,n,m,	Sobre el azud

Cota cresta del dique	$Cota\ pie + P - he$	—	2214,569	m s,n,m,	Con he
Cota fondo de galería	$Cota\ pie + P - he - hz$	—	2214,376	m s,n,m,	Fondo en la boca hacia desripiador

3.3.3 Diseño del desripiador

3.3.3.1 Datos de diseño

- $Q_d = 0,020\ m^3/s$
- $Q_{cr} = 8,36\ m^3/s$
- $A_z = 5,0\ m$
- $P = 1,0\ m$
- Cota pie del dique = 2213,62 m
- Galería $h_z = 0,193\ m$
- Pérdida a la entrada de rejilla: $he = 0,052\ m$
- Profundidad del desripiador adoptada $h_{gl} = 0,70\ m$
- Orificio del vertedero de paso $alto = 0,15\ m$; ancho $b_o = 0,30\ m$

De acuerdo el diseño del desripiador que se muestra en la Tabla 3.23, el tirante total en la a la salida de la galería es igual 0,893 que asegura energía suficiente para decantar y conducir el agua.

Asimismo, la carga del vertedero de paso es de 0,1095 m la cual permite regular el caudal de diseño sin cavitación ni remociones, por lo que el flujo se mantiene controlado. A su vez se consideró un 20 % de excedencia del caudal de diseño con la finalidad de poder diseñar un vertedero que permita evacuar que excede el caudal diseño, para lo cual, se diseñó un vertedero de 0,50 m de largo con una carga de 0,078 m. Por su parte, las dimensiones consideras para el desripiador fueron de largo $L = 1,35\ m$ y $b = 1,35\ m$, lo que proporciona espacio suficiente para realizar el mantenimiento y limpieza, tal como se observa en la Tabla 3.23.

Tabla 3.23 Resumen del diseño del desripiador

Parámetro	Ecuación	Símbolo	Diseño	Unidades	Justificación
Tirante total en boca	$T_o = zg + h_{gl}$	T_o	0,893	m	Suma del tirante energético en galería más la profundidad adoptada del desripiador

Carga en vertedero de paso	$H_{vr} = \left(\frac{Qd}{1,84 * b_o} \right)^{2/3}$	H_{vr}	0,1095	m	
Caudal por desalojar (excesos)	$Q_{des} = 1,20 * Qd$	Q_{des}	0,024	m ³ /s	Se asume un 2 0% del caudal de diseño.
Carga en vertedero de excesos	$H_{xc} = \left(\frac{Q_{des}}{2,2 * b_{exc}} \right)^{2/3}$	H_{xc}	0,078	m	
Ancho vertedero de excesos	<i>valor asumido</i>	b_{xc}	0,5	m	Ancho coherente con el caudal de excedencia calculado.
Calado contraído al pie	$d1,$ <i>iteracciones</i>	$d1$	0,0256	m	Calado en función al caudal de diseño
Tirante al final del desripiador	$d2,$ <i>iteracciones</i>	$d2$	0,3	m	
Largo del desripiador	$L = 4,5 * d2$	L	1,35	m	Ancho adecuado para realizar limpieza y mantenimiento
Cota fondo galería	$Cota\ pie + P - h_e - h_z$	—	2214,376	m s.n.m.	
Cota fondo desripiador	$fondo\ galeria - h_{gl}$	—	2213.676	m s.n.m.	
Cota agua (operación)	$fondo + h_{gl} + H_{vr}$	—	2214.485	m s.n.m.	Nivel operativo dentro del desripiador.
Cota vertedero de paso	$fondo + h_{gl}$	—	2214.376	m s.n.m.	Umbral del orificio.
Cota agua en creciente (desripiador)	$borde\ superior + H_{exc}$	—	2214.604	m s.n.m.	Misma relación del documento para condición de creciente.

3.3.4 Diseño de azud

3.3.4.1 Datos de diseño

- Caudal de diseño: $Q_d = 8,600 \text{ m}^3/\text{s}$
- Longitud de cresta (luz): $L = 5,0 \text{ m}$
- Coeficiente de gasto inicial: $C = 1,65$
- Altura de la cresta sobre el fondo de aproximación: $P = 1,0 \text{ m}$
- Gravedad: $g = 9,81 \text{ m/s}^2$
- cota del fondo 2213. 62 msnm

Para el diseño hidráulico del azud tipo Creager se diseñó para el caudal de $8,36 \text{ m}^3/\text{s}$, junto con una longitud de cresta de $5,0 \text{ m}$, se generó una cabeza de diseño de $1,028 \text{ m}$, valor que define el trazado del perfil y determina la posición de la lámina de agua, mientras que la velocidad de aproximación calculada fue $0,848 \text{ m/s}$ produjo una carga de velocidad de $0,037 \text{ m}$ que puede considerarse insignificante en relación con el tirante, lo que asegura que la lámina libre de $0,991 \text{ m}$ represente de forma confiable la superficie del flujo. La relación entre la altura de la cresta y la cabeza hidráulica resultó en un valor de $0,973$, clasificando la condición de aproximación como profunda y justificando el uso de un coeficiente de perfil $K = 2,0$ y un exponente $n = 1,85$ (Tabla 3.24, Figuras 3.15), parámetros que permitieron ajustar el trazado de la curva aguas abajo con un comportamiento congruente al modelo teórico. Los resultados coinciden con las observaciones de Savage y Johnson (2001) quienes mediante modelos físico-numéricos demostraron que los vertederos de tipo Creager mantienen coeficientes de descarga estables bajo condiciones de aproximación profunda, además, con el estudio de Hosseini et al (2019) demostraron simulaciones numéricas confirmaron la concordancia entre los perfiles de la USBR y las condiciones hidráulicas obtenidas en crestas con cabeza adimensional cercana a la unidad. A estos hallazgos se suma lo documentado por Valverde (2019) en la cuenca del río Chillón, donde un perfil bien definido contribuye a la reducción de erosión y a la disipación adecuada de energía, concordando con el comportamiento previsto en el diseño, y finalmente, de acuerdo con los criterios expuestos por Krochin (1996) reafirman que los parámetros adoptados garantizan estabilidad, seguridad de la fundación y control de filtraciones.

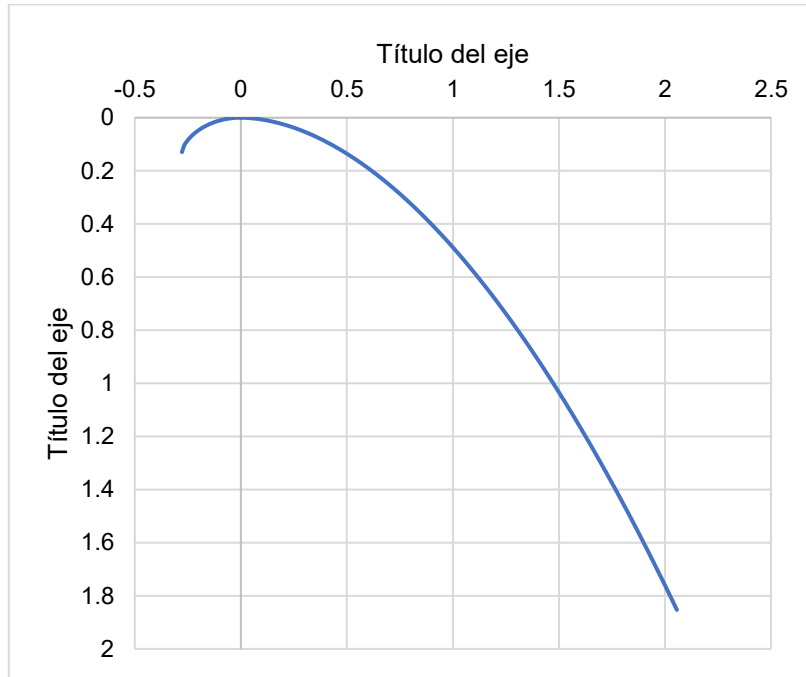


Figura 3.15 Perfil Creager calculado mediante Bureau of Reclamation (USBR)

Tabla 3.24 Resumen del diseño del perfil Creager para la captación de rejilla de fondo

Denominación	Ecuación / Criterio	Símbolo	Diseño	Unidad	Justificación / Interpretación
Coeficiente de descarga	-----	C	1,65	Adimensional	Valor típico para cresta Creager
Cabeza de energía/diseño sobre la cresta	$H_d = H_e = \left(\frac{Q}{C * L}\right)^{2/3}$	$H_d = H_e$	1,028	m	Determina el escalado del perfil Creager y la línea de agua de diseño
Velocidad de aproximación	$V_0 = \frac{Q}{L(P + H_d)}$	V_0	0,848	m/s	Se usa para estimar la carga de velocidad en la sección.
Carga de velocidad	$h_a = \frac{V_0^2}{2g}$	h_a	0,0367	m	Con $(h_a/H_d \leq 0,3)$, la influencia de aproximación es pequeña,
Tirante estático sobre cresta	$h = H_d - h_a$	h	0,991	m	Cota de lámina libre a diseño: +0,991 m sobre la cresta,
Relación de aproximación	$\frac{P}{H_d}$	$\frac{P}{H_d}$	0,973	Adimensional	Aproximación profunda (adecuada); válida adopción $(K = 2,0)$,
Exponente del perfil		n	1,85	Adimensional	Define la ley del cuadrante aguas abajo (x^n)
Constante del perfil		k	2	Adimensional	Para $(P/H_d = 1)$: rango 2,0–2,2; se adopta 2,0 conservador,
Coordenada			$(x=1,028),$ $(y=0,514)$	m	Punto de control rápido para verificación de trazo,
Cotas de referencia			Lámina: (+0,991) Cresta: 0 Fondo: -1,00 m	m	Para ubicar niveles en el plano (origen en la cresta),

3.3.5 Diseño del canal hacia el desarenador

3.3.5.1 Datos de diseño

- Caudal de diseño: $Q_d = 0.020 \text{ m}^3/\text{s}$
- Pendiente del canal: $S = 2 \text{ ‰} = 0.002$
- Rugosidad de Manning (concreto fino): $n = 0.018$
- Sección rectangular “a máxima eficiencia” $b = 2y$
- Borde libre propuesto: $bl = 0.15 \text{ m}$

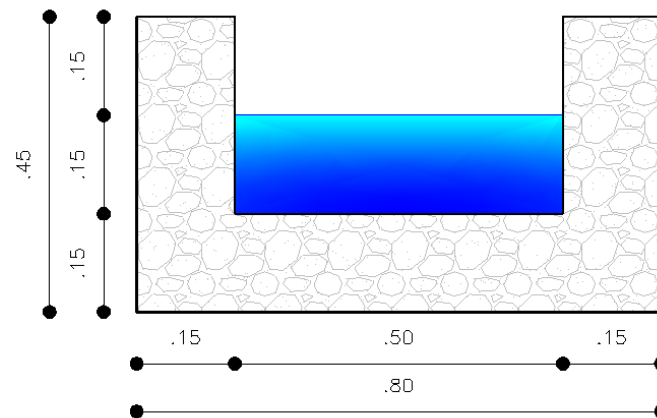


Figura 3.16 Sección del canal hacia al desarenador

En el diseño del canal hacia el diseñado se obtuvo un tirante de 0,15 m y un ancho de solera de 0,50 m de acuerdo con la Figura 3.16, logrando un área hidráulica de $0,045 \text{ m}^2$ lo que garantiza el transporte del caudal de $0,020 \text{ m}^3/\text{s}$ con una velocidad de $0,44 \text{ m/s}$ y un número de Froude de $0,36$, lo que asegura un régimen subcrítico y estable, mientras que la altura total de muro de $0,30 \text{ m}$ considerando un borde libre de $0,15 \text{ m}$ que garantiza seguridad por el aumento del caudal por la rejilla (Tabla 3.25). Esta geometría se fundamenta en el criterio de máxima eficiencia hidráulica, donde la relación $b = 2y$ optimiza la sección al reducir el perímetro mojado y las pérdidas de energía, tal como destaca Easa (2018). La estabilidad lograda coincide con lo recomendado por el USACE (2020), que señala la conveniencia de mantener el flujo en condiciones subcríticas para evitar inestabilidades. Así mismo, la velocidad obtenida ayuda a la autolimpieza, lo cual se explica por la pendiente adoptada de $0,002$ y concuerda con lo analizado por Safari (2021), quien indica que valores menores a $0,50 \text{ m/s}$ ayuda al arrastre de sedimentos. A su vez, Bong et al. (2021) señalan que, aunque el canal no alcance la velocidad ideal para autolimpieza, conserva eficiencia hidráulica y seguridad si se complementa con mantenimiento periódico.

Tabla 3.25 Resumen del diseño del canal desde el desripador desarenador hacia el desarenador

Denominación	Ecuación	Símbolo	Diseño	Unidad	Justificación
Caudal de diseño	—	Q_d	0.020	m ³ /s	Dato de proyecto.
Pendiente del canal	—	S	0.002	—	Dato topográfico (2‰).
Coef. de Manning	—	n	0.018	—	Coefficiente de Manning Concreto fino.
Condición de máxima eficiencia	$b = 2y$	—	—	—	Rectángulo de mínima P para A .
Tirante normal (resuelto)	$y = \left[\frac{Q 2^{2/3} n}{2S^{1/2}} \right]^{3/8}$	y	0.150	m	Sección rectangular a máxima eficiencia.
Ancho de solera	$b = 2y$	b	0.500	m	Relación de máxima eficiencia.
Área hidráulica	$A = b y = 2y^2$	A	0.045	m ²	De b y y .
Perímetro mojado	$P = b + 2y = 4y$	P	0.600	m	Geometría rectangular eficiente.
Radio hidráulico	$R = A/P = y/2$	R	0.075	m	Definición A/P .
Comprobación de caudal	$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$	Q	0.020	m ³ /s	Verifica capacidad
Velocidad media	$V = Q/A$	V	0.443	m/s	Criterio operativo (autolimpiante).
Nº de Froude	$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}}$	Fr	0.36	—	Flujo subcrítico ($Fr < 1$).
Borde libre adoptado	—	f	0.150	m	Criterio de seguridad.
Altura del muro	$h = y + f$	h	0.300	m	Tirante + borde libre.

3.3.6 Diseño del desarenador

3.3.6.1 Datos de diseño

- Caudal de diseño: $Q_d = 0.020 \text{ m}^3/\text{s}$
- Partícula de control: diámetro $\phi = 0.20 \text{ mm}$
- Velocidad de caída de la partícula (w): 0.0216 m/s
- Coeficiente de rugosidad de Manning: $n = 0.012$
- Ancho adoptado del tanque (b): 0.50 m
- Relación geométrica: $b/d = 2 \Rightarrow$ Profundidad $d = 0.25 \text{ m}$
- Tirante operativo (h_t): 0.33 m

De acuerdo con la Tabla 3.26, el tanque de sedimentación se configuró con un ancho de llegada de 1,0 m y una relación geométrica $b/d = 2$, lo que establece un régimen estable que distribuye el flujo de forma uniforme antes de entrar al volumen de sedimentación. La velocidad calculada fue de 0,16 m/s, junto con un tirante operativo de 0,33 m, genera un número de Froude de 0,09 que confirma la condición subcrítica, imprescindible para evitar la resuspensión de partículas. Por su parte, la longitud activa de 2,22 m combinada con la transición de 0,45 m determina una longitud total de 2,80 m, lo que asegura un trayecto suficiente para equilibrar la caída de partículas y el transporte horizontal con una expansión suave que limita turbulencias. Así mismo, los tiempos de sedimentación obtenidos, de 11,6 s y 15,0 s según la profundidad considerada, se ubican dentro de los márgenes requeridos para que partículas de 0,20 mm alcancen el fondo, criterio validado Yaseen et al. (2021) quienes mencionan que estos valores son característicos de sedimentadores rectangulares. Además, la carga sobre la compuerta calculada fue de 0,60 m y las dimensiones de 0,30 × 0,30 m proporcionando un diseño operativo que facilita la evacuación de sólidos sin obstrucciones, lo que concuerda con modelos de optimización geométrica aplicados a sedimentadores según Ferdowsi et al. (2022).

Tabla 3.26 Resumen del diseño del desarenador.

Denominación	Ecuación	Símbolo	Diseño	Unidad	Justificación
Ancho del canal de llegada	—	b_{in}	0.50	m	Ancho previo para calcular la transición de entrada.
Relación geométrica	b/d	b/d	2.00	—	Mantiene proporción estable del método y simplicidad constructiva.

Área de la sección	$A = b d$	A	0.125	m ²	Sección rectangular efectiva de paso.
Velocidad en el tanque	$V = Q_d/A$	V	0.16	m/s	Velocidad resultante compatible con sedimentación fina.
Tirante operativo	$h_t = 1.3 d$	h_t	0.325	m	Margen del 30% para variaciones y evitar reboses.
Número de Froude	$Fr = V/\sqrt{g h_t}$	Fr	0.09	—	Subcrítico ($Fr < 1$); condición requerida para sedimentar.
Longitud activa	$L = 1.2 d \frac{V}{w}$	L	2.22	m	Equilibra transporte horizontal vs. caída de partículas.
Transición de entrada (12.5°)	$L_t = \frac{b - b_{in}}{2 \tan 12.5^\circ}$	L_t	0.45	m	Ensanche suave que minimiza separación y turbulencia.
Longitud total del tanque	$L_{tot} = L + L_t$	L_{tot}	2.80	m	Suma de tramo activo y transición; redondear 2.70–2.80 m.
Tiempo de sedimentación (con d)	$T = d/w$	T_d	11.6	s	Tiempo mínimo para que $\phi = 0.20\text{mm}$ alcance el fondo.
Tiempo de sedimentación (con h_t)	$T = h_t/w$	T_h	15.0	s	Escenario operativo con tirante incrementado.
Carga sobre compuerta	$H_0 = h_t + \frac{h_s}{2}$	H_0	0.60	m	Altura de energía para descarga por orificio.
Compuerta adoptada	—	—	0.30 × 0.30	m	Dimensión práctica para evacuar gravas y evitar obstrucciones.

3.3.7 Curva de descarga (h–Q) de la rejilla para distintos niveles de agua

La curva de descarga obtenida para la rejilla evidencia una relación entre el nivel de agua y el caudal ingresado a la rejilla, por ejemplo para un calado de 7 cm corresponde un gasto de 20,0 l/s (Figura 3.17), el cual corresponde con el caudal de diseño de la obra, esta correspondencia constituye una herramienta de gran utilidad ya que posibilita determinar la lectura de altura en caudal de acuerdo a la ecuación de calibración (Figura 3.17) facilitando la instalación de dispositivos de control como un limnómetro o una regleta

calibrada, de manera que el personal encargado de la operación pueda conocer en sitio y en tiempo real el volumen de agua que ingresa a la rejilla, fortaleciendo así el monitoreo y la eficiencia operativa del sistema. Este comportamiento se sustenta en la teoría de descargas por orificios y vertederos, en donde la relación entre tirante y caudal adopta una tendencia de tipo potencial, lo cual explica la sensibilidad observada en los primeros centímetros de altura y la rápida variación del gasto. Al comparar estos resultados con los estudios de Paoletti et al, (2023) y los registros del NEON (2024), se aprecia coincidencia en la utilidad de las curvas gasto - calado como instrumentos de conversión directa de nivel en caudal, aunque en sus casos aplicados a estaciones hidrométricas naturales, mientras que en el presente análisis se calibra una rejilla de captación, en la que intervienen factores adicionales como la área efectiva de la rejilla (área total de la rejilla – espacio que ocupa los barrotes) y las pérdidas locales, condiciones que generan variaciones en la pendiente de la curva. De igual forma, Sohrabzadeh et al, (2024) confirma que incrementos mínimos en el calado producen aumentos notables en el gasto en vertederos de cresta afilada, efecto que se corrobora con los resultados obtenidos. Finalmente, los trabajos de Luan et al, (2024) resaltan la influencia de la geometría y del estado de obstrucción en rejillas, lo que justifica la necesidad de curvas de calibración propias para cada obra.

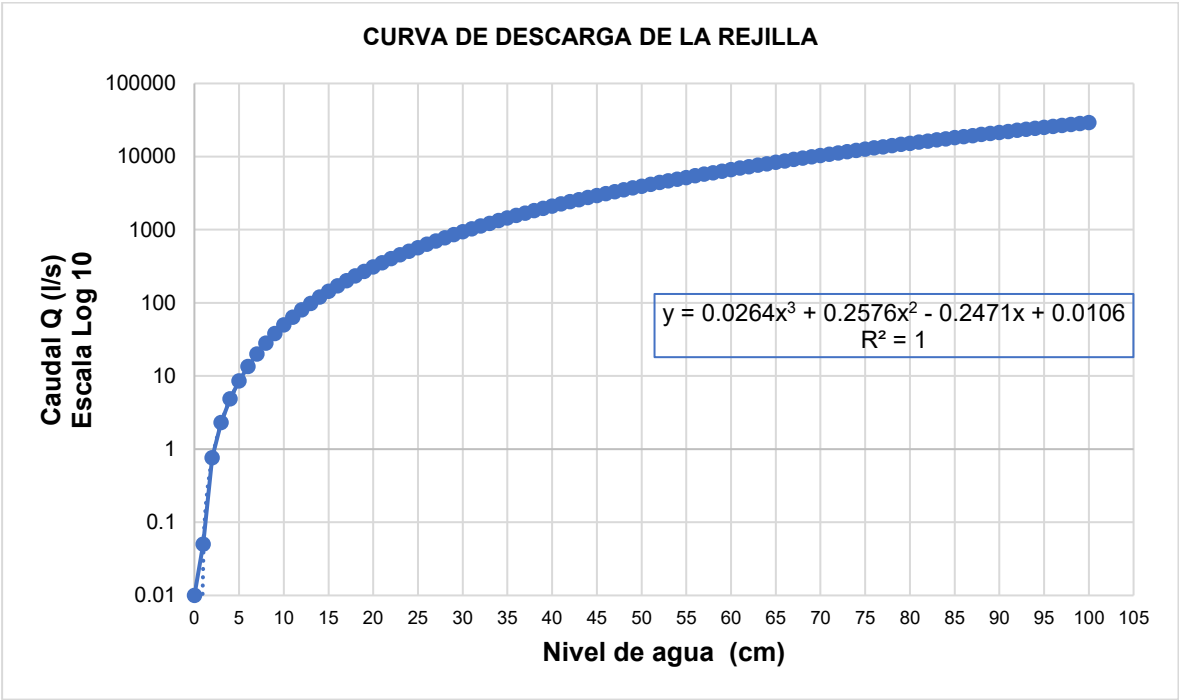


Figura 3.17 Curva de descarga (h–Q) de la rejilla para distintos niveles de agua

CAPÍTULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La recopilación de datos topográficos y meteorológicos permitió realizar una caracterización precisa de la microcuenca La Palma, lo que facilitó el diseño adecuado de la obra de captación. Los datos sobre el caudal autorizado (9,466 l/s), padrón de usuarios y requerimientos de riego fueron importantes para comprender las condiciones del área de influencia y definir las especificaciones de la obra de captación.
- La recopilación de información topográfica se llevó a cabo utilizando equipo de precisión (GPS diferencial), lo que permitió obtener datos exactos para el diseño de la obra. Además, se recopilaron datos meteorológicos de cinco estaciones (La Argelia, Cajanuma, Catamayo, Malacatos y Gonzanamá) con influencia en la cuenca de captación, lo que facilitó el análisis hidrológico y la obtención de los caudales para del diseño. Esta integración de datos fue clave para el desarrollo del diseño de la obra de captación, permitiendo dimensionar adecuadamente las infraestructuras necesarias que satisfagan los requerimientos la junta.
- El análisis de las alternativas de captación evidenció que la opción más adecuada es la captación con rejilla de fondo. Esta alternativa asegura un flujo constante de agua, minimiza la entrada de sedimentos gruesos y reduce los costos de mantenimiento, además, que se adapta a la topografía y las condiciones hidrológicas de la cuenca.
- El caudal de diseño adoptado para la obra de captación se estableció en 20.0 l/s, superior al caudal autorizado de 9.466 l/s, debido a la intención de ampliar el área de riego y cubrir las necesidades de nuevos usuarios. Además, se destinó un caudal ecológico de 4.0 l/s, equivalente al 20% del caudal de diseño, para asegurar que la obra no afecte la vida acuática aguas abajo.
- El caudal de máxima crecida utilizado para el diseño de la presente obra de captación fue en 8.36 m³/ para un período de retorno establecido de 50 años. Este caudal se considera adecuado para las condiciones hidráulicas cauce,

garantizando que la infraestructura será capaz de soportar los aumentos de caudal en condiciones extremas sin afectar la estabilidad de la obra.

- El diseño hidráulico pertinente de la obra de captación optimiza el caudal disponible para riego, incluyendo componentes como la rejilla de fondo, galería, azud, desripiador, y desarenador. Estos elementos garantizan manejo eficiente del recurso hídrico, reducción de pérdida de agua y un suministro eficiente para las 22,5 hectáreas que componen el área de riego.
- El presupuesto de 69 186,75 dólares corresponde al diseño hidráulico establecido de la obra de captación el cual debe ser complementado con el diseño estructural para ser integrado al proyecto.

Recomendaciones

- Realizar un estudio geotécnico en la zona de captación para obtener información clave sobre la cohesión del suelo, su capacidad de resistencia y otros parámetros mecánicos. Con estos datos, el diseño de las infraestructuras se adaptará a las condiciones del terreno, evitando riesgos de fallo estructural a lo largo del tiempo.
- Realizar un análisis sobre la socavación y la capacidad de transporte de sedimentos en la cuenca lo que contribuirá al diseño del sistema de captación. Este estudio proporcionará los valores sobre el tamaño de los sedimentos y su impacto potencial sobre la infraestructura.
- Se recomienda realizar un estudio sobre el transporte de sedimentos dentro de la quebrada La Palma, permitiendo calcular el diámetro de los sedimentos que ingresan al sistema, lo cual es esencial para ajustar el diseño del desarenador permitiendo reducir la acumulación de sedimentos, mejorar la eficiencia de la captación y reducir costos operativos.
- Complementar el diseño de la obra de captación con el cálculo estructural de todos los componentes con fin de ajustar las dimensiones y prever su comportamiento frente a caudales extremos. Además, permitirá estimar con mayor precisión el presupuesto total del proyecto.
- Realizar monitoreo de los caudales en la cuenca de captación mediante sensores o instrumentación autónoma permitiendo obtener datos en tiempo real sobre el caudal, lo que facilitará ajustes en la obra y optimizará su operación.

BIBLIOGRAFÍA

- Albán Tasiguano, D. P. (2024). *Determinación del caudal ecológico en la categoría buena (20–30 %)*. Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana. Recuperado de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27436/1/TTS1826.pdf>
- Almeida, M, D, (2010), *Instructivos de Procesamiento de Información Hidrometeorológica*, Quito: Escuela Politécnica Nacional,
- Bagoury, K., & Gad, M, (2024), *An Integrated Approach of GIS, HEC-HMS, HEC-RAS, and Remote Sensing Techniques for Flash Flood Hazard Modeling: Case Study of Al-Rashrash and An-Nawayah Watersheds, Egypt*, **Water**, **16**(5), 755, <https://doi.org/10.3390/w16050755>
- Bong, C. H. J., Lau, T. L., & Ghani, A. A. (2021). Critical shear stress approach for self-cleansing design of open channels. *Journal of Hydraulic Engineering*. Elsevier. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001627921000044>
- Borrayo, C, A, V, (2008), *Regulación controlada de caudales para el diseño de obras hidráulicas*, Universidad de San Carlos de Guatemala, Recuperado de: Biblioteca USAC
- Cabello Osorio and O, J, Vallejos Sánchez, (2018), “Análisis comparativo del diseño de una toma tipo tirolesa con el de una toma convencional Caso de estudio: SubCuenca del Río Tulumayo,”Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC), Lima, Perú, doi: <https://doi.org/10.19083/tesis/624475>,
- Cajas, I, M, (2019), *Diseño de la captación y línea de conducción del agua para el sistema de riego agrícola en la provincia de Morona Santiago*, Escuela Superior Politécnica del Litoral, Recuperado de: DSpace ESPOL
- Cedeño-Muñoz, D,, Cedeño-Muñoz, H,, & Dueñas, S, (2022), Caudales máximos con varios periodos de retorno de una microcuenca del cantón Rocafuerte (Manabí, Ecuador), **70**, 7(9), 11,
- CEPAL, (2020), *La sostenibilidad del agua en América Latina y el Caribe*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe: <https://www.cepal.org/es/notas/rosa->

gobernanza-agua-america-latina-caribe-desafios-herramientas-sesion-3-republica-dominicana

- Chavarría-Pizarro, L., et al. (2024). Determination of Environmental Flow Using a Holistic Methodology in the Tempisque River Basin, Costa Rica. *Hydrology*, 11(10), 159. Recuperado de <https://www.mdpi.com/2306-5338/11/10/159>
- Chow, V, T., Maidment, D, R., & Mays, L, W, (2017), *Applied Hydrology (2nd ed.)*, McGraw-Hill Education,
- Chow, VT; et all, (1994), Hidrología aplicada, Traducido por J,G, Saldarriaga, 1ra ed, 1ra impr, Santa Fe de Bogotá: Editorial McGraw-Hill, 584p
- Cruz-Arevalo, B., Gavi-Reyes, F., Martínez-Menes, M, R., & Juárez-Méndez, J, (2021), Uso de suelo y su efecto en el escurrimiento modelado con SWAT, *Tecnología Y Ciencias Del Agua*, 12(2), 157–206, <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-02-04>
- Cusme Intriago, R., Vilema, J., & Arias, C, (2025), Diseño de la captación lateral mediante el método secciones de velocidad en la comunidad de Pilacoto, Latacunga – Cotopaxi, *Recimundo*, 9(esp), 272-281, [https://doi.org/10.26820/recimundo/9,\(esp\),mayo,2025,272-281](https://doi.org/10.26820/recimundo/9,(esp),mayo,2025,272-281)
- Duque, L-F, O'Donnell, G, Cordero, J, Jaramillo, J, & O'Connell, E, (2025), Analysis of the Potential Impacts of Climate Change on the Mean Annual Water Balance... *Hydrology*, 12(7), 177, DOI: 10.3390/hydrology12070177
- Easa, S. M. (2018). Open channel cross section design: Review of recent developments. IFSA Publishing – Advances in Measurements and Instrumentation, 215-255. https://www.researchgate.net/publication/329701530_Open_Channel_Cross_Section_Design_Review_of_Recent_Developments
- Eguiguren Velepucha, P, A, Ojeda Luna, T, Maita, J, Samaniego, N, & Aguirre, N, (2022), Vulnerabilidad al cambio climático en microcuencas de alta montaña abastecedoras de agua en la Región Sur del Ecuador, *Bosques Latitud Cero*, 12(1), 43–53, <https://doi.org/10.54753/blc,v12i1,1324>
- FAO. (1992), *Guidelines for designing and evaluating surface irrigation systems* (Irrigation and Drainage Paper No. 45). Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/4/t0231e/t0231e00.htm>
- FAO, (2020), *Irrigation and Drainage Paper: Guidelines for irrigation development*, Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://www.fao.org/3/cb3843en/cb3843en.pdf>

- FAO, (2021), *The state of the world's land and water resources for food and agriculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations: <https://doi.org/10.4060/cb7654en>
- Ferdowsi, A., Wang, W., & Beck, M. B. (2022). A new combination approach for optimal design of rectangular primary sedimentation tanks. *Journal of Environmental Management*, 316, 116645. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.116645>.
- González - González, A, Álvarez-Figueroa, P, González Fuertes, M, & Aguirre-Mendoza, Z, (2016), Influencia de la cobertura vegetal en los coeficientes de escorrentía de la cuenca del río Catamayo, Ecuador, *Revista Bosques Latitud Cero*, 6(6), 50–59, ISSN 1390-5880,
- Hajebi, S., Akbari, M., & Hosseini, S, (2024), Hydraulic performance of velocity caps: experimental and numerical study, *Applied Water Science*, 14, 23, <https://doi.org/10.1007/s13201-023-02091-1>
- He, X, (2024), Numerical simulation of three-dimensional spiral flow in oblique intakes, *Journal of Hydrodynamics*, 36(2), 256-268, <https://doi.org/10.1007/s42241-023-0021-1>
- Helmi, A, M., et al, (2023), Evaluation of Geospatial Interpolation Techniques for Precipitation, *Sustainability*, 15(18), 14028, <https://doi.org/10.3390/su151814028>
- Hu, L., Nikolopoulos, E, I., Marra, F., & Anagnostou, E, N, (2020), Sensitivity of flood frequency analysis to data record, statistical model, and parameter estimation methods: An evaluation over the contiguous United States, *Journal of Flood Risk Management*, 13(2), e12580, <https://doi.org/10.1111/jfr3.12580>
- Hussain, S., Niyazi, B, A., Elfeki, A, M., Masoud, M., Wang, X., & Awais, M, (2024), *SWAT-Driven Exploration of Runoff Dynamics in Hyper-Arid Region, Saudi Arabia: Implications for Hydrological Understanding*, **Water**, 16(14), 2043, <https://doi.org/10.3390/w16142043>
- INAMHI, (2022), *Boletín climático e hidrológico del Ecuador*, Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología: <https://www.inamhi.gob.ec>
- INAMHI, Determinación de Ecuaciones para el Cálculo de Intensidades Máximas de Precipitación (2019),

- Instituto Ecuatoriano Forestal y de Áreas Naturales y Vida Silvestre (INEFAN), (1995), *Acción en defensa de los bosques y el medio ambiente*, Quito,
- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (2020). *Análisis del marco legal e institucional para caudales ecológicos en Ecuador*. Quito: IUCN. Recuperado de https://www.iucn.org/sites/default/files/import/downloads/marcolegalinstitucional_caudalesecologicosambientales_ecuador.pdf
- Krochin, S, (1986), *Diseño hidráulico* (3,^a ed.), Editorial de la Escuela Politécnica Nacional,
- Luan, Y., Zhao, H., Yang, L., & Zheng, X. (2024). Numerical and experimental analysis of structural and hydraulic performance of trash racks. *Advances in Mechanical Engineering*, 16(7). <https://doi.org/10.1177/16878132241284368>
- Luna Chalán, A, A, (2023), *Rediseño hidráulico de una alcantarilla que intercepta la vía intervalles, en la parroquia El Tambo, cantón Catamayo, provincia de Loja* [Tesis de maestría, Escuela Superior Politécnica del Litoral],
- Márquez Díaz, J, E., Prieto Moreno, A., Manrique Castro, M, A., & Sánchez Garzón, Ó, A, (2024), Sistema de riego automatizado para un cultivo de pequeña superficie, *Revista Tecnológica ESPOL*, 36(2), 32-45, <https://doi.org/10.37815/rte.v36n2.1227>
- Martínez, I, (2017), *Sistemas de captación del agua de lluvia y la generación de conciencia ambiental en la comunidad mazahua, estado de México* [Tesis de maestría, COLEGIO DE POSTGRADUADOS], <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2019/12/Sistemas-de-captaci%C3%B3n-de-agua-de-lluvia-y-la-generaci%C3%B3n-de-conciencia-ambiental-en-la-comunidad-Mazahua-Estado-de-M%C3%A9xico.pdf>
- Mekonnen, M, M., & Hoekstra, A, Y, (2020), Sustainability of the blue water footprint of crops, *Advances in Water Resources*, 143, 103679, <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103679>
- Mera-Parra, C, et al, (2021), Land Use Change, Water Recharge, Meteorological Forecast and Hydrological Modeling: Zamora-Huayco Basin, *Land*, 10(5), 513, DOI: 10.3390/land10050513

- Molden, D, Oweis, T, Steduto, P, Bindraban, P, Hanjra, M, & Kijne, J, (2018), Improving agricultural water productivity: Between optimism and caution, *Agricultural Water Management*, 97(4), 528–535, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.03.023>
- Monsalve Saénz, G, (1999), Hidrología en la Ingeniería, Segunda Edición, Bogotá, CO, Escuela Colombiana de Ingeniería, 380 p,
- Mora-Chacón, F, Meza-Picado, V, Chinchilla-Mora, O, & Gutiérrez-Leitón, M, (2022), Curvas de altura dominante e índice de sitio locales para plantaciones de Samanea saman en Liberia, Guanacaste, Costa Rica, *Revista De Ciencias Ambientales*, 56(2), 63-80, <https://doi.org/10.15359/rca.56-2.4>
- Nasr, A, A, Kassem, A, & Ahmed, A, (2021), CFD study of flow fields in pump intake sumps, *Water*, 13(15), 2025, MDPI, <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/15/2025>
- National Ecological Observatory Network (NEON). (2024). *Continuous discharge (DP4.00130.001), site-specific stage–discharge equations.* <https://data.neonscience.org/data-products/DP4.00130.001/RELEASE-2024>
- Paoletti, M., Barbetta, S., & Moramarco, T. (2023). An operational rating curve management tool. *Hydrology*, 10(1), 17. <https://doi.org/10.3390/hydrology10010017>
- Ribeiro, A, S,, Almeida, M, C,, Cox, M, G,, & Sousa, R, (2021), Role of measurement uncertainty in the comparison of average areal rainfall methods, *Metrologia*, 58, 044001, <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ac0d49>
- Safari, M. J. S. (2021). Experimental analysis for self-cleansing open channel design. *Journal of Hydraulic Research*, 59(2), 221-232. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/00221686.2020.1780501>
- SENAGUA, (2019), *Informe de gestión de recursos hídricos en Ecuador*, Secretaría Nacional del Agua,
- Sohrabzadeh Anzani, H., Kazemzadeh-Parsi, M. J., & Abbasi, S. (2024). Energy dissipation assessment in flow downstream of sharp-crested weirs. *Water*, 16(23), 3371. <https://doi.org/10.3390/w16233371>
- U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2020). *Hydraulic Design of Flood Control Channels* (EM 1110-2-1601).

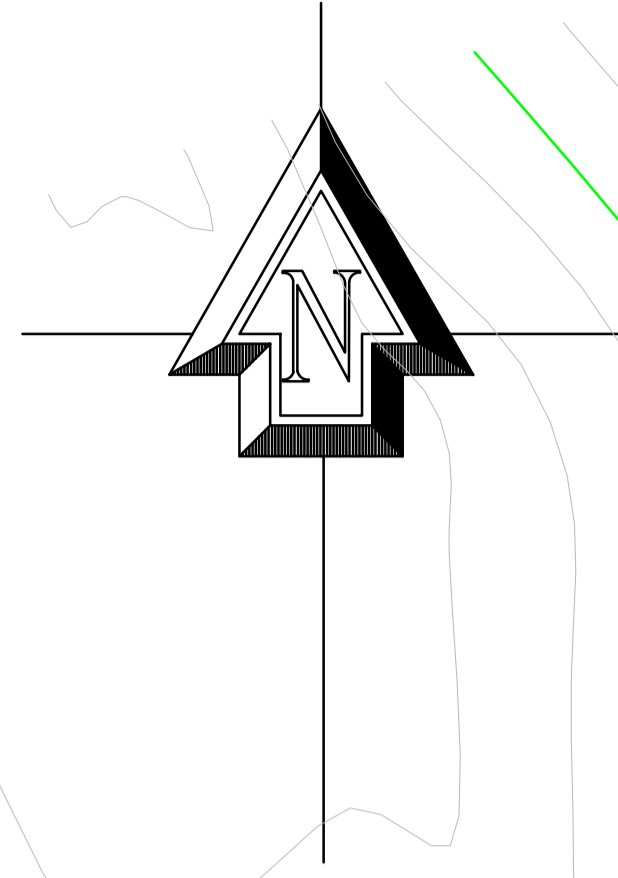
https://www.publications.usace.army.mil/Portals/76/Publications/EngineerManuals/EM_1110-2-1601.pdf

UNESCO, (2022), *The United Nations World Water Development Report 2022: Groundwater – Making the invisible visible*, UNESCO Publishing:
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380721>

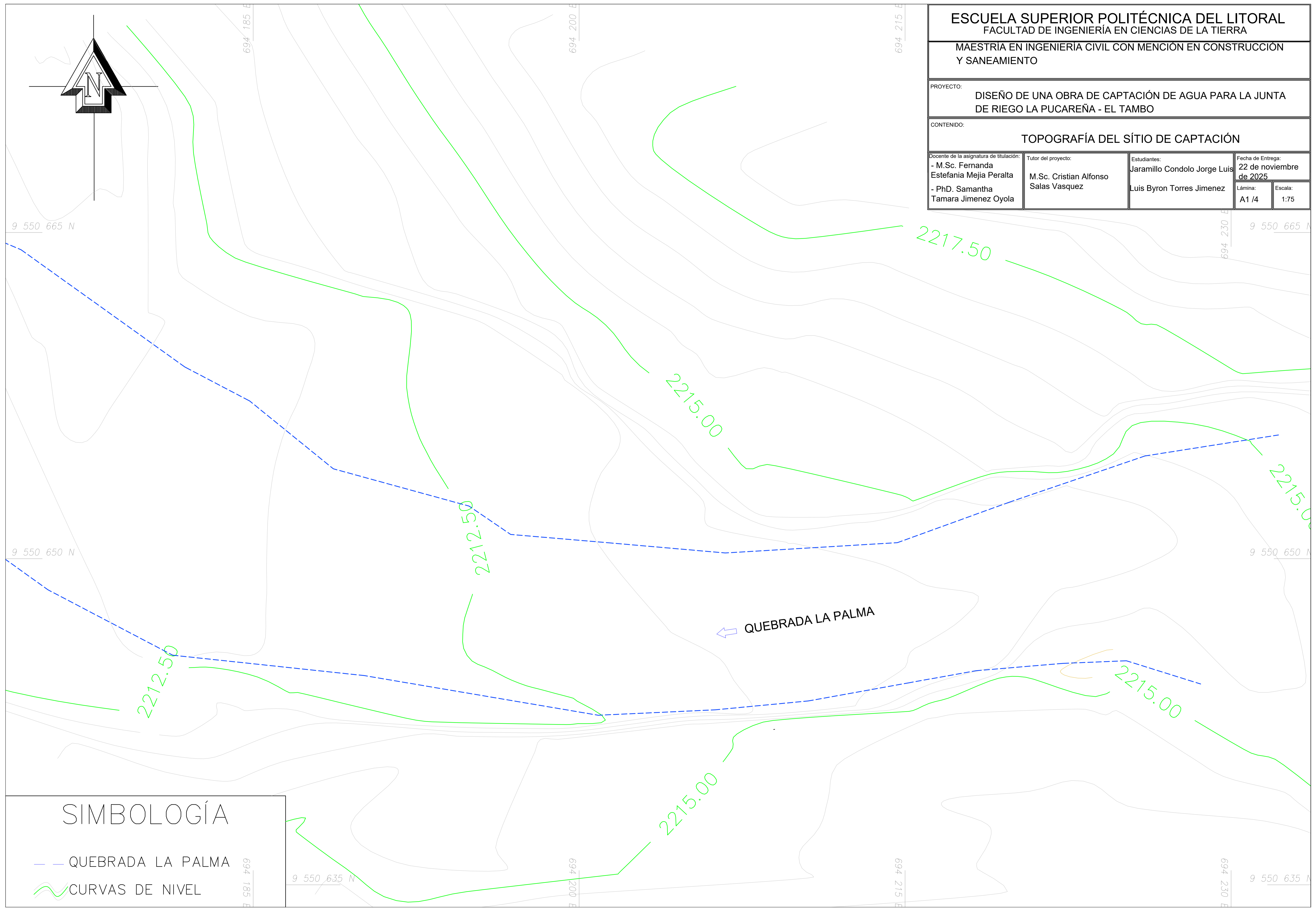
Urishev, Z, (2021), Current use of water intake structures of reservoirs, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 659, 012079,
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/61/012079>

Yaseen, D. A., Abu-Alhail, S., & Mohammed, R. N. (2021). An experimental sedimentation tank for enhancing the settling of solid particles. *Journal of Water and Land Development*, 49(IV–VI), 63–73. <https://www.jwld.pl/files/7-Yaseen-et-al-779.pdf>

PLANOS



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO			
PROYECTO: DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA LA JUNTA DE RIEGO LA PUCAREÑA - EL TAMBO			
CONTENIDO: TOPOGRAFÍA DEL SÍTIO DE CAPTACIÓN			
Docente de la asignatura de titulación: - M.Sc. Fernanda Estefania Mejia Peralta - Ph.D. Samantha Tamara Jimenez Oyola	Tutor del proyecto: M.Sc. Cristian Alfonso Salas Vasquez	Estudiantes: Jaramillo Condolo Jorge Luis Luis Byron Torres Jimenez	Fecha de Entrega: 22 de noviembre de 2025 Lámina: A1 /4 Escala: 1:75



SIMBOLOGÍA	
	QUEBRADA LA PALMA
	CURVAS DE NIVEL

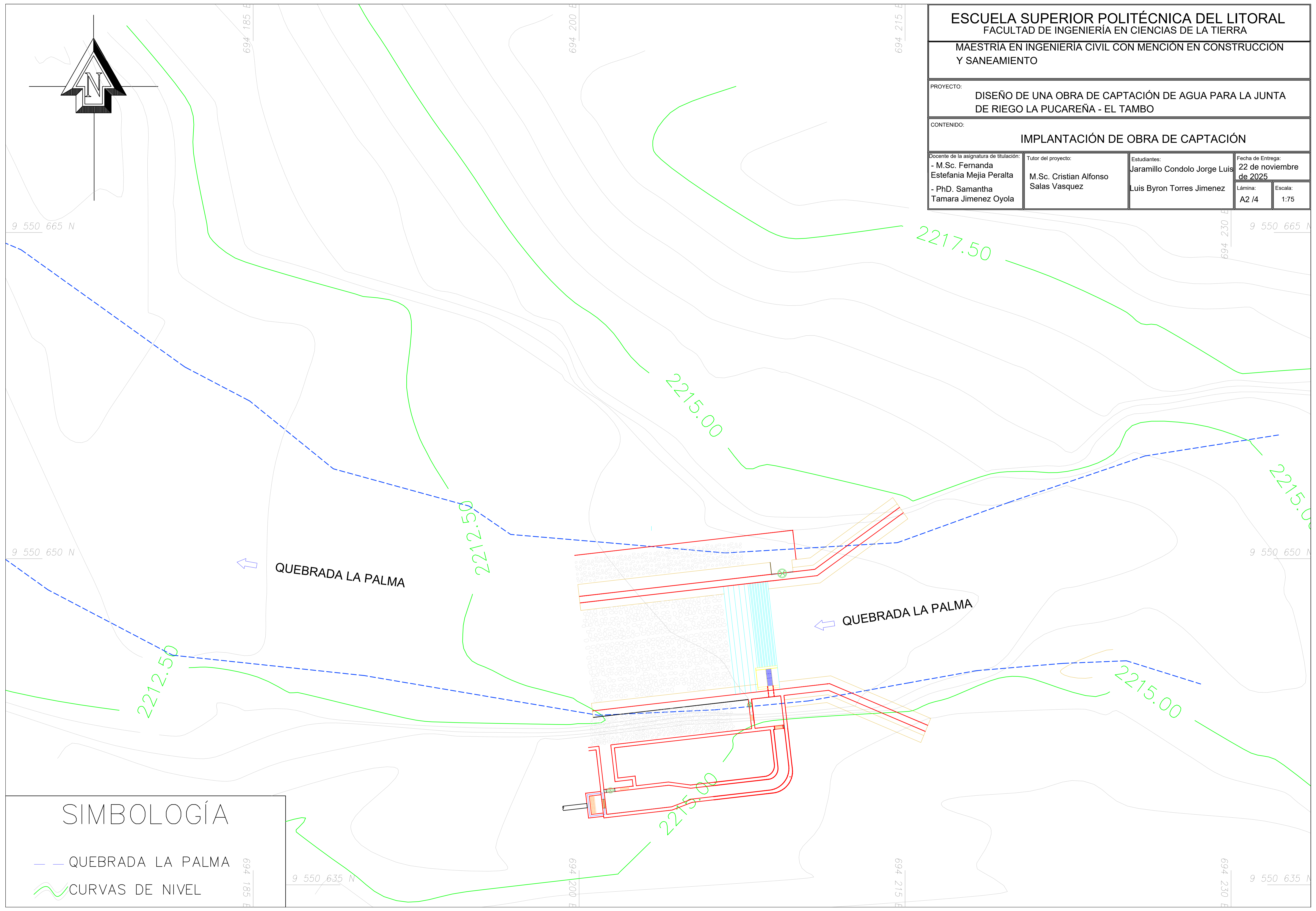
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO

PROYECTO: **DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA LA JUNTA DE RIEGO LA PUCAREÑA - EL TAMBO**

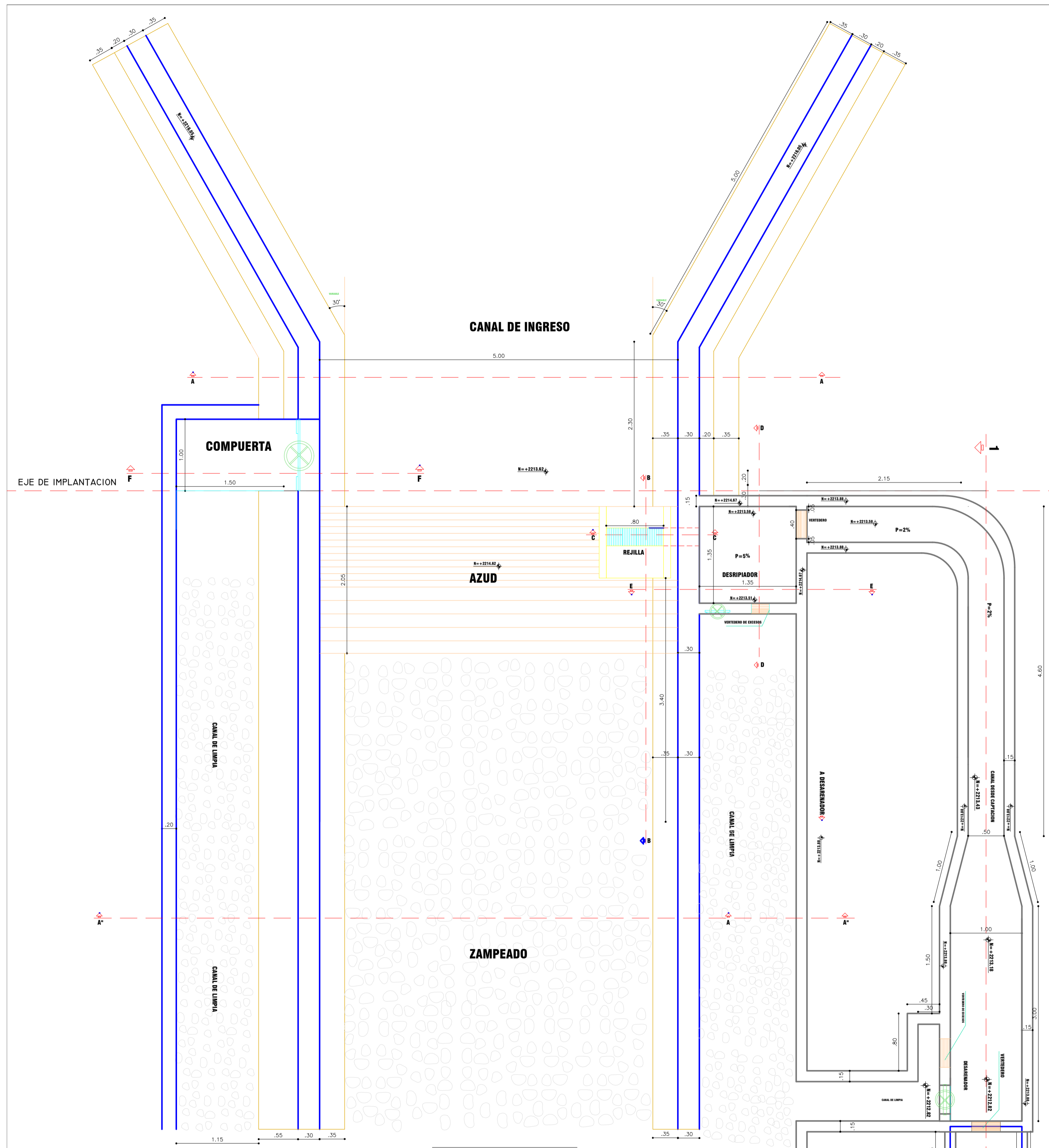
CONTENIDO: **IMPLANTACIÓN DE OBRA DE CAPTACIÓN**

Docente de la asignatura de titulación: - M.Sc. Fernanda Estefanía Mejía Peralta - Ph.D. Samantha Tamara Jiménez Oyola	Tutor del proyecto: M.Sc. Cristian Alfonso Salas Vasquez	Estudiantes: Jaramillo Condolo Jorge Luis Luis Byron Torres Jimenez	Fecha de Entrega: 22 de noviembre de 2025 Lámina: A2 /4 Escala: 1:75
--	---	---	---

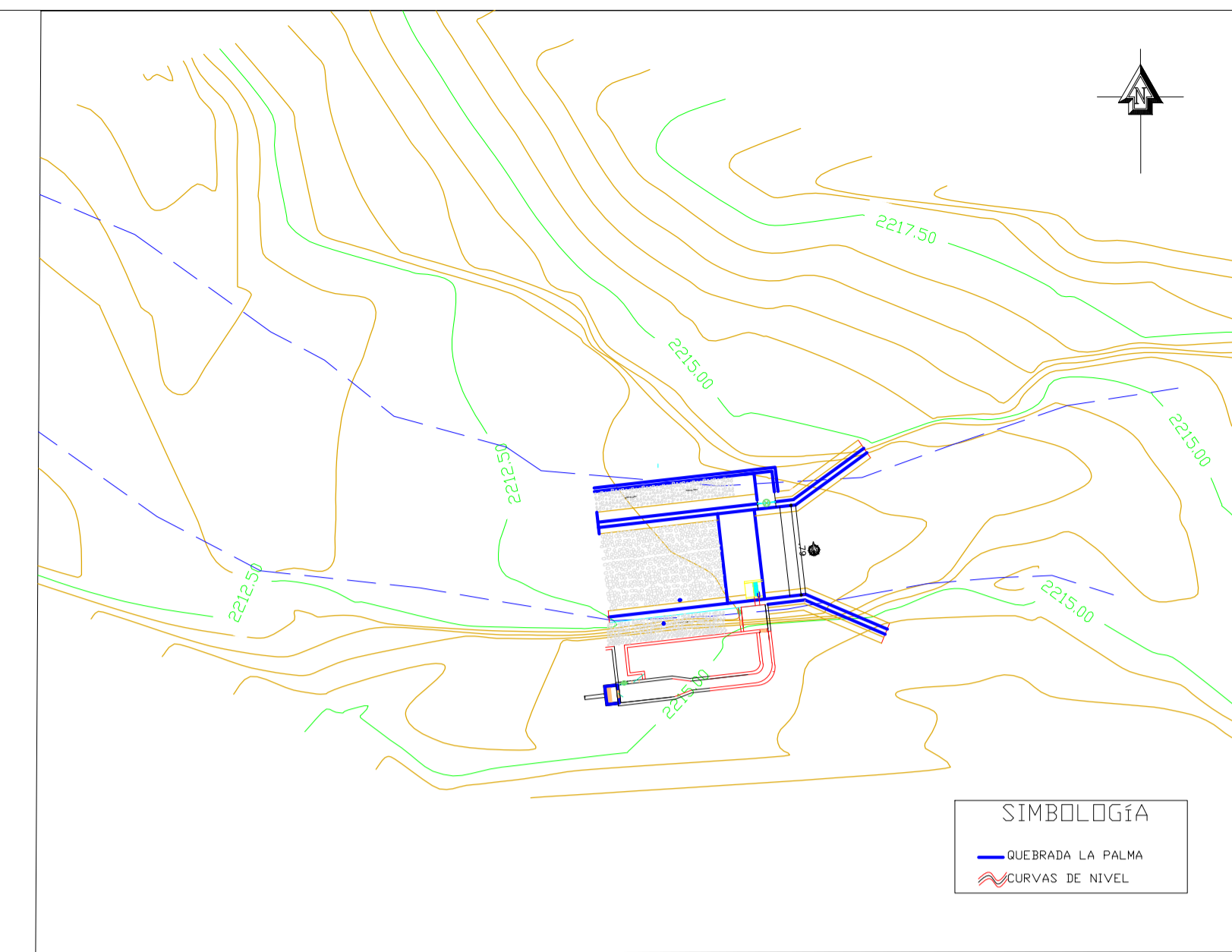


SIMBOLOGÍA

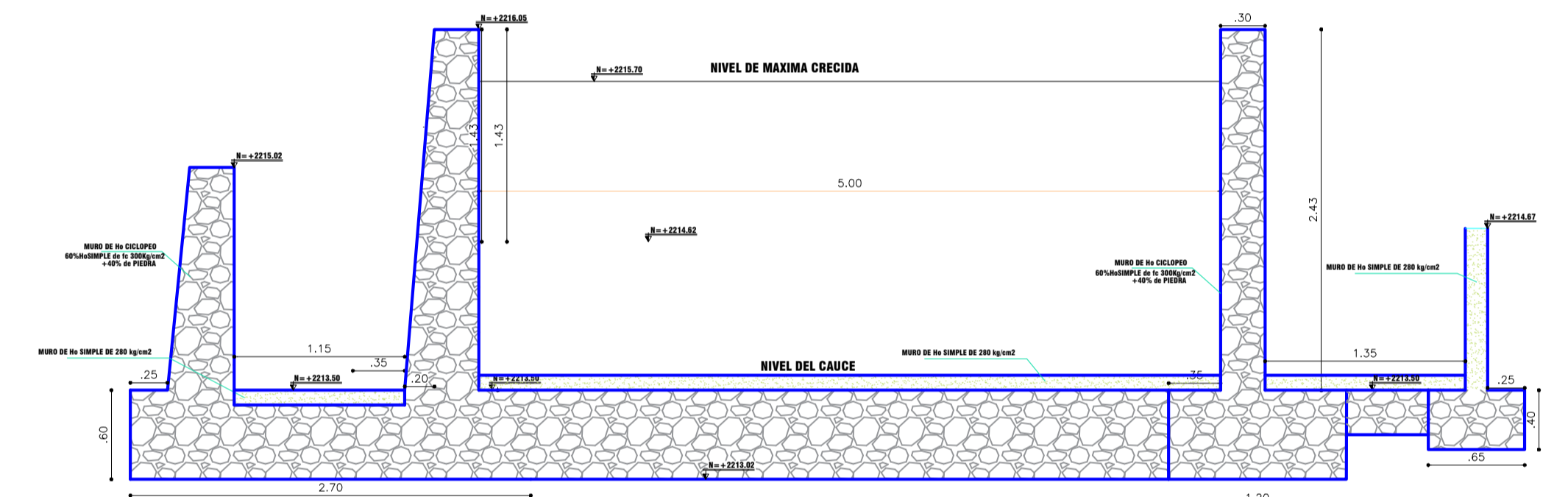
- QUEBRADA LA PALMA
- CURVAS DE NIVEL



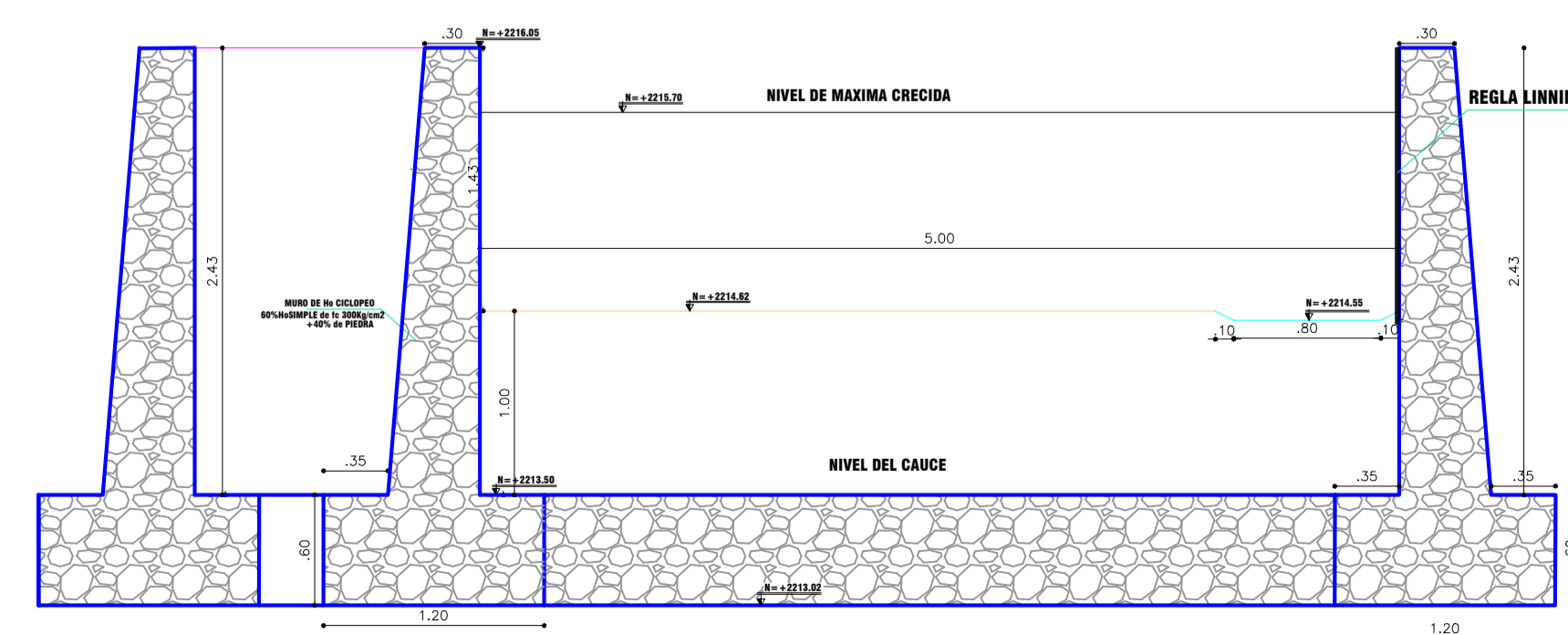
PLANTA CAPTACION
ESC. 1__75



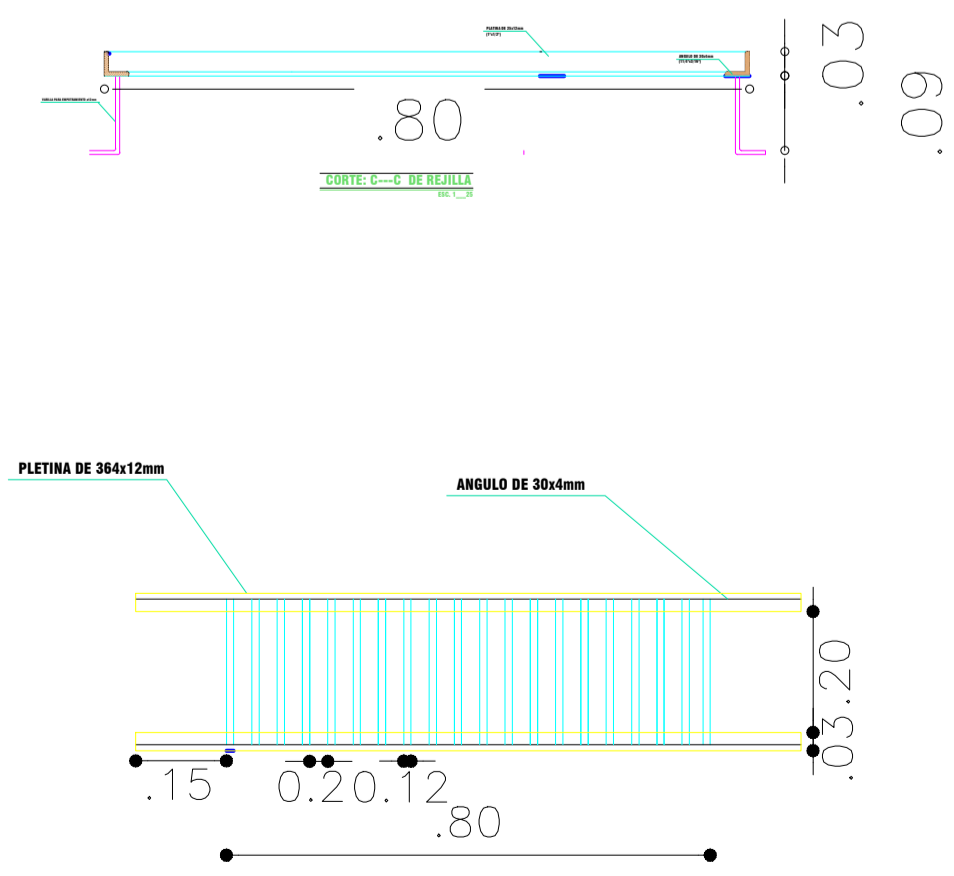
SIMBOLOGÍA
 — QUEBRADA LA PALMA
 — CURVAS DE NIVEL



CORTE: A'-----A''
ESC. 1__100



CORTE: A-----A'
ESC. 1__75



PLANTA DE REJILLA
ESC. 1__30

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA			
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL CON MENCIÓN EN CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO			
PROYECTO: DISEÑO DE UNA OBRA DE CAPTACIÓN DE AGUA PARA LA JUNTA DE RIEGO LA PUCAREÑA - EL TAMBO			
CONTENIDO: PLANTA, CORTE Y DETALLES CONSTRUCTIVOS			
Docente de la asignatura de titulación: - M.Sc. Fernanda Estefanía Mejía Peralta - Ph.D. Samantha Tamara Jimenez Oyola	Tutor del proyecto: M.Sc. Cristian Alfonso Salas Vasquez	Estudiantes: Jaramillo Condolo Jorge Luis Luis Byron Torres Jimenez	Fecha de Entrega: 22 de noviembre de 2025 Lámina: A 3/4 Escala: INDICADAS

MEMORIA TÉCNICA

4. Diseño de la rejilla

4.1 Datos de diseño y criterios adoptados

- Caudal de diseño: $Q_d = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$
- Longitud hidráulica en dirección del flujo: $L_r = 0,20 \text{ m}$
- Separación libre entre pletinas: $s = 20 \text{ mm} = 0,020 \text{ m}$
- Espesor de pletina: $t = 12,5 \text{ mm} = 0,0125 \text{ m}$
- Factor de obstrucción (operación): $f = 0,20$
- Pendiente de rejilla: $i = 20 \% = 0,20$
- Se emplearon pletinas delgadas ($\frac{e}{s} < 4$) y la formulación práctica de Krochin para rejillas de fondo en unidades SI.

4.2 Parámetros hidráulicos de la rejilla

4.2.1 Relación geométrica pletina–separación

$$\frac{e}{s} < 4$$
$$\frac{e}{s} = \frac{12,5}{20,0} < 4$$
$$\frac{e}{s} = 1,905 < 4$$

Al ser $e/s < 4$, corresponde pletina delgada, por lo tanto, se adopta $C_0 = 0,50$ (condición base de contracción en rejillas finas).

4.2.2 Coeficiente de contracción C

$$C = C_0 - 0,325$$
$$C = 0,50 - 0,325(0,20)$$
$$C = 0,440$$

4.2.3 Coeficiente de reducción de área k

$$k = (1 - f) \frac{s}{s + t}$$
$$k = (1 - 0,20) \frac{0,020}{0,020 + 0,0125}$$

$$k = 0,492$$

k representa el área hidráulica efectiva (sección útil libre) descontando la obstrucción operativa y el efecto de las pletinas.

4.3 Ancho hidráulico y geometría adoptada

4.3.1 Ancho hidráulico requerido b

Se calculó con la ecuación establecida por Krochin para rejillas de fondo con pletinas delgadas.

$$b = 0,52 \frac{Q_d^{0,44} C^{0,20}}{k L_r}$$
$$b = 0,52 \frac{(0,020)^{0,44} (0,440)^{0,20}}{0,492 \times 0,20}$$
$$b = 0,80$$

El cálculo de b de la rejilla fue de 0,80 m

4.3.2 Número de espacios y barrotes

$$N_{\text{esp}} = \frac{b - t}{s + t}$$
$$N_{\text{esp}} = \frac{0,80 - 0,0125}{0,0325}$$
$$N_{\text{esp}} = 24,15$$
$$N_{\text{esp}} = 24$$

Por lo tanto, número de barrotes

$$N_{\text{bar}} = N_{\text{esp}} - 1$$
$$N_{\text{bar}} = 24 - 1$$
$$N_{\text{bar}} = 23 \text{ barrotes}$$

El número de barrotes que tendrá la rejilla son 23 separados cada 20 mm

4.3.3 Pérdida de carga a la entrada (h_e)

$$h_e = \left(\frac{Q_d}{2,25 C k b L_r} \right)^2$$

$$h_e = \left(\frac{0,020}{2,25 \times 0,440 \times 0,492 \times 0,80 \times 0,20} \right)^2$$

$$h_e = 0,07 \text{ m} = 7 \text{ cm}$$

4.3.4 Longitud y dimensiones finales

$$\text{Rejilla} = L \times b = 0,20 \text{ m} \times 0,80 \text{ m}$$

5. Diseño de la galería

5.1 Datos de diseño

- Qd = 0,020 m³/s,
- Qcr = 8,36 m³/s
- Long. de cresta del azud: Az = 5,00 m
- Altura de cresta sobre el pie, P = 1,00 m
- Cota cresta = 2214.62 m
- Cota pie del dique = 2213,62 m
- Rejilla ya dimensionada: B = 0,80 m
- l = 0,20
- f = 0,20
- Lr = 0,20 m
- Δhe = 0,07 m
- Pendiente del fondo, S = 5%
- Rugosidad de Manning, n = 0.04 (concreto)

5.2 Carga con caudal de crecida H_c

$$H_c = \left(\frac{Q_{cr}}{1,84 A_z} \right)^{2/3}$$

$$H_c = \left(\frac{8,36 \text{ m}^3/\text{s}}{1,84 \times 5,0 \text{ m}} \right)^{2/3}$$

$$H_c = 0.938 \text{ m}$$

5.3 Cota del agua en creciente (sobre el azud)

$$Cota_{creciente} = Cota\ pie + P + H_c$$

$$Cota_{creciente} = 2213,62\ m + 1,0\ m + 0,938\ m$$

$$Cota_{creciente} = 2215,558\ ms.n.m.$$

5.4 Cota de la cresta del dique (en operación, con h_e)

$$Cota_{cresta} = Cota\ pie + P - h_e$$

$$Cota_{cresta} = 2213,62\ m + 1,0 - 0,07\ m$$

$$Cota_{cresta} = 2214,55\ m\ s.n.m$$

5.5 Hidráulica de la galería y pérdidas

5.5.1 Profundidad normal por Manning (rectangular $B \times y$)

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

$$A = B y$$

$$P_m = B + 2y$$

$$R = \frac{A}{P_m}$$

Se resuelve y (iterativo). El valor que satisface la ecuación es:

$$y_n = 0,0212\ m = 2,12\ cm$$

Con el valor de y_n , se calculó las siguientes variables:

$$A = B y$$

$$A = 0,80 \times 0,0212$$

$$A = 0,01694\ m^2$$

$$P_m = B + 2y$$

$$P_m = 0,80 + 2(0,0212)$$

$$P_m = 0,842\ m$$

$$R = \frac{A}{P_m}$$

$$R = \frac{0,01694}{0,842}$$

$$R = 0,0201 \text{ m}$$

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

$$V = \frac{0,020}{0,01694}$$

$$V = 1,181 \text{ m/s}$$

5.5.2 Pérdida por fricción en el tramo

Para flujo uniforme, la pendiente de energía por fricción $J_f = S$, de acuerdo con la longitud L_g

$$h_{fric} = J_f * L_g = S$$

$$h_{fric} = 0,05 * 0,80$$

$$h_{fric} = 0,040 \text{ m}$$

5.5.3 Pérdidas locales (entrada, singulares, salida)

$$h_{loc} = (K_{ent} + \sum K_i + K_{sal}) \frac{V^2}{2g}$$

Para verificar la pérdida total reportada, el coeficiente equivalente debe cumplir:

$$K_{eq} = \frac{\sum h_f - h_{fric}}{\frac{V^2}{2g}}$$

$$K_{eq} = \frac{0,193 - 0,040}{1,181^2 / (2 \times 9,81)}$$

$$K_{eq} = 2,15$$

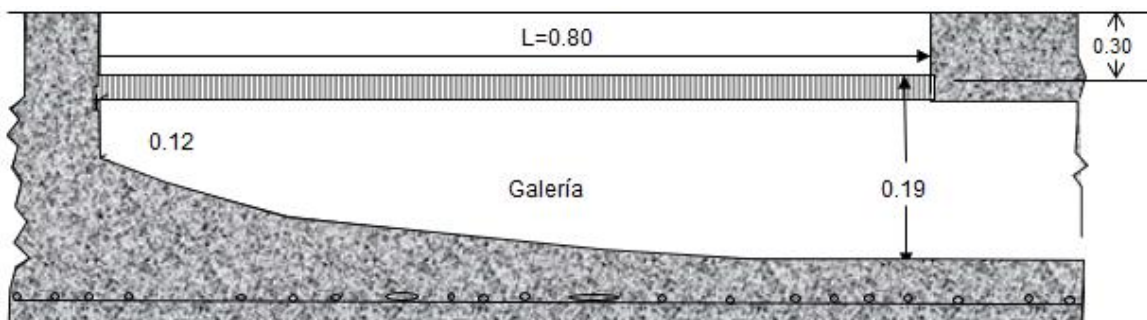
5.5.4 Comprobación de la suma de pérdidas

$$\sum h_f = h_{fric} + K_{eq} \frac{V^2}{2g}$$

$$\sum h_f = 0,040 + 2,15 * \frac{(1,181)^2}{2 * 9,81}$$

$$\sum h_f = 0,193 \text{ m}$$

5.5.5 Perfil longitudinal del eje de la galería



5.5.5.1 Pérdidas por fricción y velocidad en la galería de captación según Zamarin

X	Q _x (m ³ /s)	V _x (m/s)	A _x (m ²)	Δ _x	J _x	J _{med}	Δ _{hf}	Σ _{hf}	V ² /2g	Z _g
0,1	0,0022	0,9151	0,0024	0,0137	0,1216	0,0608	0,0121	0,0121	0,0427	0,0655
0,2	0,0046	0,948	0,0048	0,0264	0,0625	0,0921	0,0092	0,0213	0,0459	0,0896
0,3	0,0068	0,981	0,007	0,0383	0,046	0,0543	0,0049	0,0262	0,0491	0,1057
0,4	0,009	1,0141	0,009	0,0494	0,0388	0,0423	0,0042	0,0309	0,0524	0,1218
0,5	0,0114	1,0472	0,0109	0,0598	0,035	0,037	0,0036	0,0347	0,0558	0,1371
0,6	0,0136	1,0805	0,0126	0,0695	0,033	0,0341	0,0034	0,0381	0,0595	0,1531
0,7	0,0159	1,1139	0,0143	0,0787	0,0318	0,0323	0,0032	0,0413	0,0631	0,1687
0,8	0,0182	1,1473	0,016	0,0874	0,0313	0,0316	0,0032	0,0445	0,0669	0,1795
0,9	0,0204	1,1785	0,0173	0,0956	0,0311	0,0312	0,0031	0,0476	0,0708	0,193

6. Diseño del azud

6.1 Datos de diseño

- Caudal de diseño: $Q = 8.36 \text{ m}^3/\text{s}$

- Longitud de cresta (luz): $L = 5.0 \text{ m}$
- Coeficiente de descarga del perfil tipo Creager: $C = 1.65$
- Altura de la cresta sobre el fondo de aproximación: $P = 1.0 \text{ m}$
- Gravedad: $g = 9.81 \text{ m/s}^2$
- Cota de fondo: 2213.62 msnm

6.2 Cresta tipo Creager y lámina de diseño

6.2.1 Cabeza de energía/diseño sobre la cresta

$$H_d = \left(\frac{Q}{CL} \right)^{2/3}$$

$$H_d = \left(\frac{8,60}{1,65 * 5,00} \right)^{2/3}$$

$$H_d = 1,028 \text{ m}$$

6.2.2 Velocidad de aproximación

$$V_0 = \frac{Q}{L(P + H_d)}$$

$$V_0 = \frac{8.60}{5(1.0 + 1.028)}$$

$$V_0 = 0.85 \text{ m/s}$$

6.2.3 Carga de velocidad

$$h_a = \frac{V_0^2}{2g}$$

$$h_a = \frac{0.848^2}{2(9.81)}$$

$$h_a = 0.037 \text{ m}$$

6.2.4 Tirante sobre la cresta del azud

$$h = H_d - h_a$$

$$h = 1,028 - 0,037$$

$$h = 0.991 \text{ m}$$

6.2.5 Relación de aproximación

$$\frac{P}{H_d}$$

$$\frac{P}{H_d} = \frac{1.0}{1,028}$$

$$\frac{P}{H_d} = 0,97$$

6.3 Cotas y niveles

- *Cota cresta:* $2213,62 + 1,00 = 2214.62 \text{ msnm}$
- *Nivel de la lámina de diseño:* $2214,62 + 0.991 = 2215,61 \text{ msnm}$

6.4 Condición hidráulica al pie del azud

6.4.1 Gasto por unidad de ancho

$$q = \frac{Q}{L}$$

$$q = \frac{8,36 \text{ m}^3/\text{s}}{5 \text{ m}}$$

$$q = 1,72 \text{ m}^2/\text{s}$$

6.4.2 Tirante crítico a pie

$$h_c = \left(\frac{q^2}{g} \right)^{1/3}$$

$$h_c = \left(\frac{1,72^2}{9,81} \right)^{1/3}$$

$$h_c = 0,67 \text{ m}$$

6.5 Profundidad contraída y_1 , salto y zampeado

$$y_1 + \frac{q^2}{2g y_1^2} = H_d + P + Z$$

$$Fr_1 = \frac{q}{y_1 \sqrt{g y_1}}$$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$$

- Si $Z = 0$:
- Por iteraciones se calculó $y_1 = 0.295 \text{ m}$,
- $Fr_1 = 3.43$,
- $y_2 = 1.29 \text{ m}$. No está sumergido porque $h_c + Z = 0.671 < y_2$.
- Ajuste mínimo para salto sumergido: con $Z = 0.80 \text{ m}$ se obtiene:

$$y_1 = \quad \text{m},/s$$

$$y_2 = 1,47 \text{ m}$$

$$Fr_1 = 4,63$$

$$V_1 = \frac{q}{y_1} = 7,12$$

$$h_c + Z = 0,671 + 0,80 = 1,47m < y_2$$

6.6 Longitud del zampeado

$$L_z = 4.5 y_2$$

$$L_z = 4,5 * (1,46)$$

$$L_z = 6,60 \text{ m}$$

6.7 Espesor del zampeado

$$t_z = 0,2 y_2$$

$$t_z = 0,2 * 1,46$$

$$t_z = 0,40 \text{ m}$$

7. Diseño del canal hacia el desarenador (máxima eficiencia)

- Caudal de diseño: $Q_d = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$
- Pendiente del canal: $S = 2 \text{ ‰} = 0,002$
- Rugosidad de Manning (concreto fino): $n = 0,018$
- Sección rectangular "a máxima eficiencia" $b = 2y$
- Borde libre propuesto: $f = 0,15 \text{ m}$

7.1 Cálculo numérico del tirante normal y a partir de la ecuación de Manning

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{n} (2y^2) \left(\frac{y}{2}\right)^{2/3} S^{1/2}$$

$$Q = \frac{2}{n 2^{2/3}} y^{8/3} S^{1/2}$$

Se despeja

$$y = \left[\frac{Q 2^{2/3} n}{2 S^{1/2}} \right]^{3/8}$$

➤ $2^{2/3} = 1,5874$

➤ $S^{1/2} = \sqrt{0,002} = 0,04472$

$$y = \left[\frac{0,020 \times 1,5874 \times 0,018}{2 \times 0,04472} \right]^{3/8}$$

$$y = [0,006389]^{0,375}$$

$$y = 0,150 \text{ m}$$

El tirante normal calculado es de $y_n = 0,150 \text{ m}$, por cuestiones de seguridad se adapta un valor de borde libre de $0,15 \text{ m}$.

7.2 Dimensiones geométricas del canal

$$b = 2y$$

$$b = 2(0,15)$$

$$b = 0,30 \text{ m}$$

$$A = 2y^2$$

$$A = 2(0,150)^2$$

$$A = 0,045 \text{ m}^2$$

$$P = 4y$$

$$P = 4(0,150)$$

$$P = 0,600 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0,045}{0,600}$$

$$R = 0,075 \text{ m}$$

7.3 Verificación de capacidad con Manning

$$Q_{\text{calc}} = \frac{1}{n} (A) (R)^{\frac{2}{3}} (S)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{\text{calc}} = \frac{1}{0,018} (0,045) (0,075)^{\frac{2}{3}} (0,002)^{\frac{1}{2}}$$

$$Q_{\text{calc}} = 0,020 \text{ m}^3/\text{s}$$

7.4 Velocidad media y número de Froude

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

$$V = \frac{0,020}{0,045}$$

$$V = 0,443 \text{ m/s}$$

7.5 Tipo de flujo

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g y}}$$

$$Fr = \frac{0,443}{\sqrt{9,81 \times 0,150}}$$

$$Fr = 0.36 < 1 \text{ flujo subcrítico}$$

7.6 Medidas constructivas

- Altura interior (muro)

$$h = y + f$$

$$h = 0.150 + 0.150$$

$$d = \frac{b}{2}$$

$$d = \frac{0.50}{2}$$

$$d = 0.25 \text{ m}$$

Se utiliza la relación $b/d = 2$ para mantener un régimen de flujo estable y coherentes con la teoría de sedimentación.

8.2 Área hidráulica

$$A = b d$$

$$A = 0.50 \times 0.25$$

$$A = 0.125 \text{ m}^2$$

El área se calculó con base a la geometría rectangular y será la base para la velocidad real.

8.3 Velocidad en el tanque

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

$$V = \frac{0.020}{0.125}$$

$$V = 0.16 \text{ m/s}$$

La velocidad aumenta la eficiencia de caída y reduce resuspensiones.

8.4 Tirante operativo

$$h_t = 1.3 d$$

$$h_t = 1.3(0.25)$$

$$h_t = 0.33 \text{ m}$$

El factor 1,3 provee holgura hidráulica y evita reboses en condiciones variables.

8.5 Régimen (Froude)

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g h_t}}$$

$$Fr = \frac{0.16}{\sqrt{9.81 \cdot 0.325}}$$

$$Fr = 0.09 < 1$$

Flujo subcrítico, parámetro para una buena sedimentación por gravedad y estabilidad de la lámina.

8.6 Longitudes

8.6.1 Longitud activa de sedimentación

$$L = 1.2 d \frac{V}{w}$$

$$L = 1.2(0.25) \frac{0.16}{0.0216}$$

$$L = 2.22 \text{ m}$$

La longitud calculada permite que las partículas se sedimenten con mayor facilidad

8.6.2 Transición de entrada (12.5°)

$$L_t = \frac{b - b_{in}}{2 \tan 12.5^\circ}$$

$$L_t = \frac{0.50 - 0.30}{2(0.2217)}$$

$$L_t = 0.45 \text{ m}$$

Justificación: Suaviza el ensanche del canal ($b_{in} = 0.30 \text{ m}$) evitando separaciones y turbulencias

8.6.3 Longitud total

$$L_{tot} = L + L_t$$

$$L_{tot} = 2.22 + 0.45$$

$$L_{tot} = 2.67 \text{ m}$$

Se debe seleccionar un valor construct en este caso 2,80 m para facilitar la sedimentación y también la operación y mantenimiento.

8.7 Operación y almacenamiento de sedimentos

8.7.1 Tiempo de sedimentación

$$T(d) = \frac{d}{w}$$
$$T(d) = \frac{0.25}{0.0216}$$
$$T(d) = 15.0 \text{ s}$$

Con el aumento de b la velocidad baja y el tiempo efectivo de permanencia se mantiene suficiente para $\phi = 0.20 \text{ mm}$.

8.7.2 Volumen de sedimentos/día

$$Q'' = \frac{Q_s Q_\ell}{g_s} =$$
$$Q'' = \frac{5 \cdot 0.002}{1200}$$
$$Q'' = 8.33 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$
$$V_{\text{sed}} = Q'' \cdot 86400$$
$$V_{\text{sed}} = 0.72 \text{ m}^3/\text{día}$$

Se asume purga del 10% del caudal.

8.7.3 Altura acumulada de sedimentos

$$A_u = \left(\frac{b + b_{\text{in}}}{2}\right)L_t + L b$$
$$A_u = \left(\frac{0.50 + 0.30}{2}\right)0.45 + 2.22(0.50)$$
$$A_u = 1.29 \text{ m}^2$$

$$h_s = \frac{V_{\text{sed}}}{A_u}$$
$$h_s = \frac{72}{1.29}$$
$$h_s = 0.56 \text{ m}$$

El incremento de b eleva el área útil y reduce la tasa de colmatación por día, se recomienda purga periódica.

8.8 Compuerta de limpia (orificio rectangular)

$$H_0 = h_t + \frac{h_s}{2}$$
$$H_0 = 0.325 + \frac{0.56}{2}$$
$$H_0 = 0.60 \text{ m}$$

Se considera el nivel de agua más la columna de sedimentos para estimar la energía disponible en la purga.

8.9 Dimensión hidráulica mínima ($C_d = 0.60$)

$$b_c^2 = \frac{Q_e}{0.60\sqrt{2gH_0}}$$
$$b_c^2 = \frac{0.002}{0.60\sqrt{2 \cdot 9.81 \cdot 0.60}}$$
$$b_c = 0.31 \text{ m}$$

Las dimensiones de la compuerta son 0.30×0.30 m para evitar atascos y facilitar el desalojo de sedimentos especialmente grava.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Proyecto: Captación de rejilla de fondo para junta de riego La Pucareña – El Tambo.

Rubro L-P-001: Limpieza manual del terreno

Definición

La limpieza manual consiste en retirar de manera completa todos los elementos superficiales que obstaculicen la construcción de las obras, incluyendo vegetación baja, arbustos, raíces, piedras sueltas, basura, escombros y capa orgánica, en las áreas de captación, accesos y superficies de trabajo.

Especificaciones

El procedimiento se ejecutará manualmente con herramientas menores, siguiendo los límites establecidos en planos. Todo material extraído se conducirá a sitios de disposición autorizados, prohibiéndose su acumulación en zonas de escurrimiento o tránsito. Las raíces mayores a cinco centímetros deberán extraerse junto con la cepa. Se mantendrá intacta la vegetación externa al área de intervención. El área quedará libre de residuos y con superficie estable para iniciar excavaciones.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m²) limpiado y aprobado.

Forma de pago

Se reconocerá al precio unitario por m².

Rubro L-P-002: Replanteo topográfico de la obra

Definición

El replanteo corresponde a trasladar al terreno los ejes, alineamientos y cotas de las estructuras proyectadas, a fin de materializar referencias que guíen excavaciones, cimentaciones y demás obras de captación.

Especificaciones

El contratista validará la topografía existente antes de iniciar y colocará estacas, mojones o hitos de referencia en puntos protegidos del área de intervención. Se marcarán alineamientos, taludes y plataformas con exactitud, utilizando equipos calibrados. El replanteo será verificado por la fiscalización y cualquier ajuste se documentará antes de continuar con la obra.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m²) de área replanteada.

Forma de pago

Se pagará al precio unitario por m².

Rubro L-P-003: Excavación manual en material sin clasificar en seco**Definición**

Se entiende por excavación manual en seco aquella realizada con pico, pala y barreta en suelos naturales no saturados, para conformar zanjas, fosas y cimentaciones según el diseño.

Especificaciones

El fondo de excavación se ajustará a las cotas de los planos, con tolerancia de ± 2 cm. El último estrato se retirará manualmente justo antes de fundir hormigón. Los taludes se mantendrán estables, entibándolos cuando sea necesario. No se reconocerán sobreexcavaciones y deberán reponerse con material seleccionado compactado. El material sobrante se transportará a botadero autorizado.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) excavado y aprobado.

Forma de pago

Se pagará por m³.

Rubro L-P-004: Excavación manual en material sin clasificar con presencia de agua**Definición**

Es la excavación manual en suelos naturales donde aflora agua subterránea o superficial, ejecutada en zanjas, fosas o cimentaciones.

Especificaciones

Se mantendrá la zona seca mediante bombeo o drenaje provisional. No se permitirá fundir hormigón con agua libre en el fondo. Los taludes se estabilizarán cuando el terreno sea inestable. El material sobrante se conducirá a botadero autorizado.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) excavado en condiciones húmedas.

Forma de pago

Se reconocerá al precio unitario por m³.

Rubro L-P-005: Relleno compactado con material propio

Definición

Es la colocación de material proveniente de excavación, previamente seleccionado, para rellenos en trasdós de muros, zanjas o áreas de nivelación.

Especificaciones

El relleno se colocará en capas de 20 cm y se compactará con pisones hasta alcanzar 90 % Proctor Estándar. No se aceptará material orgánico ni saturado. En muros se ejecutará de forma simultánea en ambos lados para evitar empujes diferenciales.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) de relleno aprobado.

Forma de pago

Se pagará por m³

Rubro L-P-006: Hormigón ciclópeo f'c = 180 kg/cm²

Definición

Mezcla de hormigón simple con inclusión de piedra bola, destinada a cimentaciones, muros de encauzamiento o bases de estructuras.

Especificaciones

El hormigón se fabricará con cemento Portland GU, áridos limpios y agua potable. Las piedras tendrán tamaño máximo del 25 % de la sección y se embebrán en la mezcla fresca. El vibrado asegurará su cubrimiento completo. Encofrados ajustados e impermeables mantendrán las dimensiones proyectadas.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) colocado.

Forma de pago

Se pagará por m³.

Rubro L-P-007: Hormigón simple f'c = 210 kg/cm²

Definición

Mezcla de cemento Portland, agua y áridos finos y gruesos, sin refuerzo metálico, con resistencia característica de 210 kg/cm² a 28 días.

Especificaciones

Los áridos serán limpios y el tamaño máximo no superará ¾". El revenimiento será de 7–10 cm. El mezclado será en trompo mecánico y el vaciado en capas de 40 cm con vibrado interno. El curado se mantendrá húmedo durante siete días como mínimo.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) colocado.

Forma de pago

Se pagará al precio unitario por m³.

Rubro L-P-008: Hormigón armado f'c = 200 kg/cm²**Definición**

Hormigón estructural con acero de refuerzo, diseñado para resistir tracción y compresión, con f'c = 300 kg/cm².

Especificaciones

El acero será ASTM A615, fy = 4200 kg/cm². Se asegurará recubrimiento mínimo de 3 cm con separadores plásticos. Los empalmes cumplirán ACI 318. El vaciado será en capas de 30–40 cm con vibrado. El curado húmedo durará siete días.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) colocado con acero incorporado.

Forma de pago

Se reconocerá por m³.

Rubro L-P-010: Empedrado en seco con piedra bola**Definición**

Colocación manual de piedra bola en seco, conformando una superficie estable de protección en taludes y canales.

Especificaciones

Las piedras tendrán diámetro de 15 a 30 cm y se ajustarán manualmente, rellenando intersticios con material fino compactado. El espesor mínimo será de 25 cm. En taludes se colocarán de abajo hacia arriba.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m²) terminado.

Forma de pago

Se pagará por m², incluyendo selección, transporte, colocación y relleno de juntas.

Rubro L-P-011: Enrocado con piedra bruta

Definición

Colocación de bloques de piedra bruta de gran tamaño como protección contra socavación en márgenes y cauces.

Especificaciones

Las piedras serán angulosas, duras y mayores a 30 cm. Se colocarán sobre cama granular de 10 cm. Los huecos se rellenarán con piedra menuda.

Unidad de medida

Metro cúbico (m³) de enrocado ejecutado.

Forma de pago

Se reconocerá al precio unitario por m³.

Rubro L-P-012: Impermeabilización con mortero cemento-arena 1:3

Definición

Aplicación de mortero en proporción 1:3 sobre superficies de hormigón, destinado a sellar poros y evitar filtraciones.

Especificaciones

La superficie se limpiará y humedecerá antes de aplicar. El mortero se colocará con llana metálica en capa uniforme de 1.5 cm, con acabado compacto y liso. Se curará con agua durante tres días.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m²) impermeabilizado.

Forma de pago

Se pagará por m²

Rubro L-P-013: Colocación de malla electrosoldada Ø 4.2 mm

Definición

Instalación de malla de acero electrosoldado como refuerzo secundario en contrapisos y losas.

Especificaciones

La malla será ASTM A1064, colocada sobre separadores para garantizar recubrimiento de 2 cm. Los traslapes serán de al menos una cuadrícula, unidos con alambre galvanizado N°16. No se apoyará directamente sobre el suelo ni encofrado.

Unidad de medida

Metro cuadrado (m²) colocado.

Forma de pago

Se reconocerá por m².

Rubro L-P-014: Transporte de material pétreo en acémila**Definición**

El transporte de material pétreo en acémila corresponde al traslado de agregados gruesos, arenas o piedras provenientes de canteras o acopios intermedios, hacia las zonas de obra de difícil acceso vehicular, utilizando animales de carga debidamente equipados con aparejos apropiados.

Especificaciones

El contratista garantizará que cada acémila se encuentre en condiciones físicas óptimas y equipada con monturas, cinchas o aparejos adecuados para evitar pérdidas de material o daños al animal. La carga máxima por viaje no superará los 80 kilogramos, distribuidos uniformemente en sacos o recipientes resistentes. El recorrido se efectuará únicamente por rutas previamente aprobadas por la fiscalización, evitando zonas inestables o con riesgo de accidentes. En todo momento se deberá evitar el derrame de material durante el transporte y asegurar el arribo completo al sitio de descarga.

Unidad de medida

Metro cúbico por kilómetro (m³·m) de material transportado y recibido en el sitio de destino.

Forma de pago

El pago se realizará de acuerdo con el precio unitario contratado por m³·m efectivamente transportado, incluyendo el arreo de animales, personal auxiliar, carga, descarga, aparejos y toda actividad necesaria para completar el traslado.

Rubro L-P-015: Transporte de cemento en acémila**Definición**

El transporte de cemento en acémila consiste en el traslado de sacos de cemento Portland desde el acopio hasta los frentes de obra mediante animales de carga, debido a la imposibilidad de acceso vehicular.

Especificaciones

Los sacos de cemento deberán transportarse íntegros, protegidos contra la humedad mediante fundas plásticas o cobertores. Cada carga no superará el límite establecido de 80 kg por animal, procurando un reparto equilibrado para evitar sobreesfuerzos. El contratista asegurará que el material se entregue en el mismo estado en que fue recibido,

sin roturas ni pérdidas. El trayecto deberá realizarse únicamente por rutas autorizadas por la fiscalización.

Unidad de medida

Saco por kilómetro (saco·m) transportado y entregado en condiciones adecuadas.

Forma de pago

El pago se hará al precio unitario establecido por cada saco·m transportado, cubriendo arreo, carga, descarga, personal auxiliar, protección de los sacos.

Rubro L-P-016: Compuerta metálica tipo volante 1.5 m x 0.4 m con vástago de 1.2 m

Definición

Comprende el suministro, transporte e instalación de una compuerta metálica rectangular tipo volante, fabricada en acero estructural, con dimensiones de 1.5 m de ancho por 0.4 m de alto, equipada con vástago de accionamiento de 1.2 m de longitud.

Especificaciones

La compuerta será construida con acero ASTM A36, de espesor mínimo 6 mm, con soldaduras continuas y cordones de alta penetración. Se instalarán guías laterales de acero galvanizado ancladas al hormigón con pernos de expansión, garantizando estanqueidad mediante empaques de neopreno. El vástago estará fabricado en acero inoxidable, con rosca trapezoidal y volante de operación manual. Todas las superficies metálicas recibirán tratamiento anticorrosivo a base de limpieza por chorro de arena y dos capas de pintura epóxica de alto espesor. La instalación debe asegurar un funcionamiento suave, hermético y sin fricciones excesivas.

Unidad de medida

Unidad (und) de compuerta instalada y aprobada.

Forma de pago

Se reconocerá al precio unitario establecido por unidad instalada, que incluye suministro de materiales, transporte, montaje, fijación, pruebas de operación y protección anticorrosiva.

Rubro L-P-017: Compuerta metálica con volante sección 1.0 m x 0.3 m con vástago de 1.5 m

Definición

Incluye el suministro e instalación de una compuerta metálica de sección rectangular 1.0 m por 0.3 m, provista de vástago de 1.5 m y mecanismo de accionamiento tipo volante, destinada a controlar el caudal en canales o cámaras de distribución.

Especificaciones

La compuerta será fabricada en acero estructural ASTM A36, con plancha de 6 mm de espesor, marco metálico reforzado y guías laterales. El vástago será de acero inoxidable, de rosca trapezoidal, con volante de fundición nodular. El sellado se garantizará con empaques de neopreno de alta resistencia. Todas las partes metálicas estarán recubiertas con pintura epóxica anticorrosiva aplicada en dos capas después del arenado. La instalación deberá quedar perfectamente alineada y anclada en el hormigón, verificando que la operación manual sea fluida y hermética.

Unidad de medida

Unidad (und) instalada y aprobada.

Forma de pago

Se pagará al precio unitario establecido por cada unidad instalada.

Rubro L-P-018: Rejilla de piso de 3" sobre azud de 0.20 m x 0.8 m con vástago de 3.0 m

Definición

Se refiere a la provisión y montaje de rejilla de piso de acero para instalación sobre el azud, con sección de 0.20 m de ancho por 0.8 m de alto, equipada con vástago de 3.0 m.

Especificaciones

La rejilla será fabricada en acero ASTM A36, con barras de 3" de diámetro dispuestas en paralelo y soldadas a marcos de refuerzo. El vástago será de acero inoxidable con mecanismo de accionamiento manual. Se garantizará un ensamblaje hermético y rígido, con recubrimiento epóxico anticorrosivo aplicado en dos capas. La instalación se realizará anclando el marco a la estructura de hormigón mediante pernos de acero galvanizado.

Unidad de medida

Unidad (und) de rejilla instalada.

Forma de pago

El pago se reconocerá al precio unitario por unidad instalada.

Rubro L-P-019: Rejilla de piso de 2" para tanque de distribución 0.35 m x 0.85 m

Definición

Incluye el suministro e instalación de rejilla metálica de 2" de diámetro para piso en tanque de distribución, con dimensiones de 0.35 m de ancho por 0.85 m de largo.

Especificaciones

La rejilla se construirá en acero estructural ASTM A36, con barras de sección circular de 2" soldadas a marcos laterales de refuerzo. El acabado será mediante arenado y dos capas de pintura epóxica anticorrosiva. Se instalará firmemente en el tanque de distribución, garantizando seguridad, resistencia mecánica y facilidad de operación.

Unidad de medida

Unidad (und) de rejilla instalada.

Forma de pago

Se reconocerá al precio unitario por unidad colocada.

Rubro L-P-020: Regla limnimétrica tipo fierro fundido ASTM-A48

Definición

Consiste en la provisión e instalación de una regla limnimétrica de hierro fundido, fabricada según norma ASTM-A48, con 1.5 m de longitud, 120 mm de ancho y 20 mm de espesor, destinada a medir niveles de lámina de agua en la captación.

Especificaciones

La regla deberá estar fundida en una sola pieza, con graduación en alto relieve de fácil lectura, resistente a la abrasión y a la corrosión. El material será hierro fundido clase 35 según ASTM-A48, con tratamiento anticorrosivo a base de esmalte horneado en color contrastante para garantizar legibilidad. Se fijará a la estructura hidráulica mediante pernos de expansión galvanizados, asegurando estabilidad y permanencia en la posición de diseño.

Unidad de medida

Unidad (und) de regla instalada.

Forma de pago

Se pagará al precio unitario por unidad instalada.

PRESUPUESTO

PROYECTO: “DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA”				
JUNTA DE AGUA DE RIEGO LA PUCAREÑA				
PRESUPUESTO REFERENCIAL DE OBRA				
Rubro	Unidad	Cantidad	P.Unit	P.Total
CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO				
PRELIMINARES				
Limpieza manual del terreno	M2	31,92	2,02	64,48
Replanteo y nivelación manual para estructuras	M2	31,92	1,39	44,37
excavación manual en material sin clasificar	M3	58,51	14,00	819,14
excavación a mano con presencia de agua en material sin clasificar	M3	48,00	20,91	1003,68
Relleno compactado a máquina con material de mejoramiento	M3	9,55	18,70	178,59
INFRAESTRUCTURA DE HORMIGÓN				
Hormigón ciclópeo (60% hormigon-40% piedra f'c=300 kg/cm2) incluye encofrado	M3	87,12	309,57	26969,74
Hormigón simple en muros hidráulicos, agua dulce f'c=280 kg/cm2	M3	8,07	200,07	1614,56
Contrapiso de piedra y h,s,=210 kg/cm2 e=10cm	M2	10,2	48,16	491,23

Tanque de distribución de 0,55x0,85, 1,16 m altura, incluye tapa hf	U	1,00	103,20	103,20
Empedrado base espesor=20cm	M2	45,83	46,75	2142,55
Revestido interior reservas + impermeabilizante	M2	21,2	48,82	1034,98
Malla electrosoldada (15x15cm x 6,0 mm)	M2	96,59	10,34	998,74
Acero de refuerzo fy=4200 kg/cm2	Kg	6361,08	2,42	15393,81
Empedrado base espesor e=30cm	m3	50,76	46,80	2375,57
VARIOS				
Transporte de material petreo en acemila en acemila	M3*M	89,15	39,63	3533,01
Transporte de cemento en acemila	SACO*M	378	7,23	2732,94
Compuerta metálica tipo volante de 1,5m x 0,4 m, incluye vástago de 1,2m	U	1,00	142,00	142,00
Compuerta metálica con volante de sección 1,0x3,0m, incluye vástago de 1,5m, suministro e instalación	U	1,00	181,20	181,20
Rejilla de pisos de 3" sobre azud de 0,20mx0,8m, incluye vástico de 3,0 m	U	1,00	125,00	125,00
Rejilla de piso de 2" para tanque de distribución, 0,35 de ancho x 0,85 de largo	U	1,00	85,20	85,20
Regla limnimétrica tipo fierro fundido astm-a48, 1,5 m de largo, 120mm de ancho, 20mm de espesor	U	1,00	128,40	128,40

COSTO TOTAL		60162,3 9
SON:	IVA 15%	9024,36
<i>Sesenta y nueve mil ciento ochenta y seis con 75/100 dólares, incluido IVA</i>		TOTAL 69186,7 5

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

PROYECTO: “DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA”

UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA

CRONOGRAMA VALORADO DE TRABAJOS

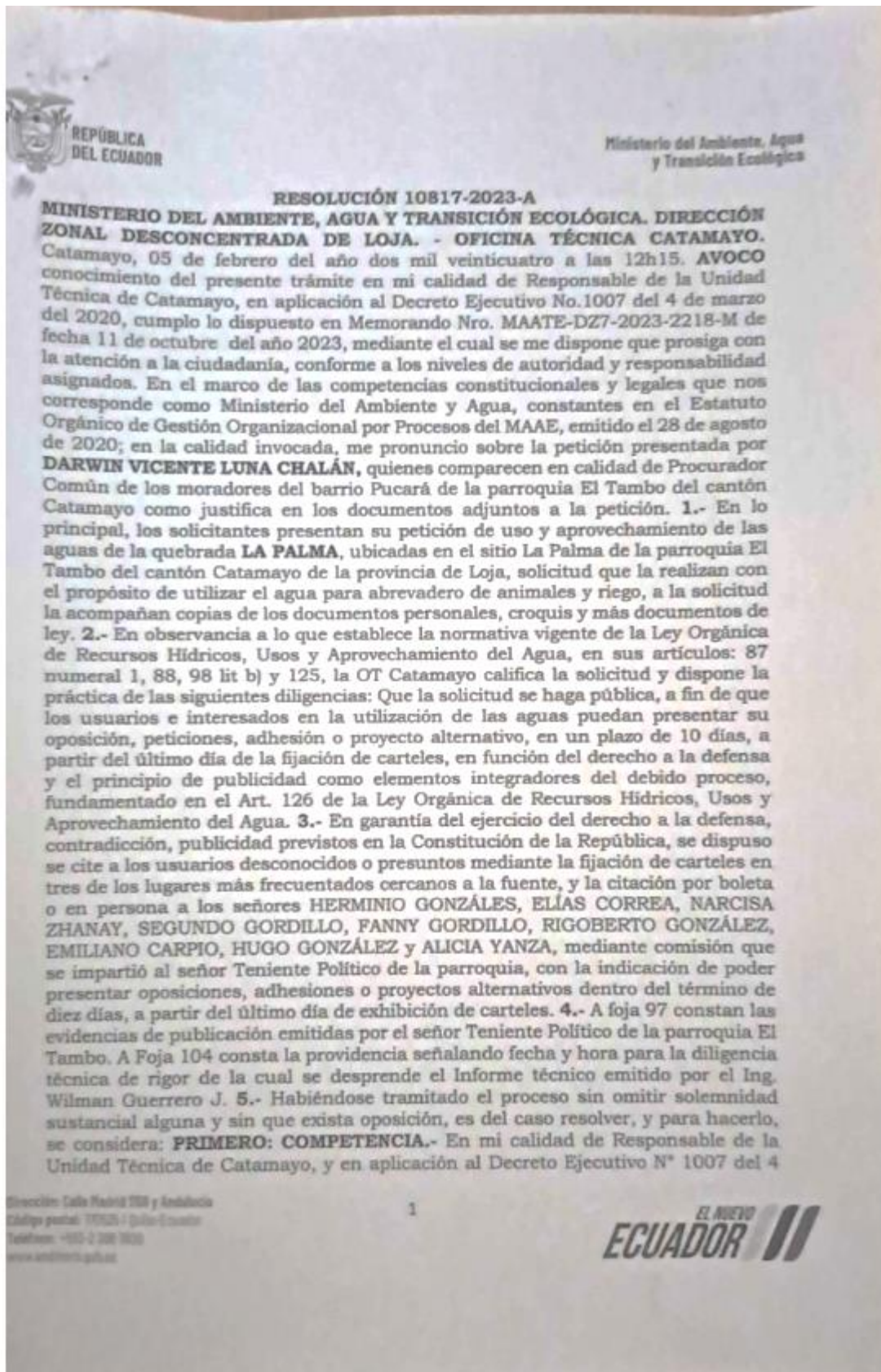
RUBRO	U	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL	TRIMESTRES	
					T1	T2
PRELIMINARES						
L-P-001	M2	31,92	2,02	64,48	31,92	
					64,47840	
L-P-002	M2	31,92	1,39	44,37	31,92	
					44,36880	
L-P-003	M3	58,51	14,00	819,14	58,51	
					819,14000	
L-P-004	M3	48,00	20,91	1.003,68	48,00	
					1.003,68000	
L-P-005	M3	9,55	18,70	178,59		9,55
						178,58500
INFRAESTRUCTURA DE HORMIGON						
L-P-006	M3	87,12	309,57	26.969,74	87,12	
					26.969,73840	
L-P-007	M3	8,07	200,07	1.614,56	8,07	
					1.614,56490	
L-P-008	M2	10,20	48,16	491,23		10,20
						491,23200
L-P-009	U	1,00	103,20	103,20		1,00
						103,20000
L-P-010	M2	45,83	46,75	2.142,55		45,83
						2.142,55250
L-P-011	M2	21,20	48,82	1.034,98		21,20
						1.034,98400
L-P-012	M2	96,59	10,34	998,74		96,59
						998,74060
L-P-013	Kg	6.361,08	2,42	15.393,81	6.361,08	
					15.393,81360	
L-P-014	m3	50,76	46,80	2.375,57		50,76
						2.375,56800
VARIOS						
L-P-015	M3*M	89,15	39,63	3.533,01	89,15	
					3.533,01450	
L-P-016	SACO*M	378,00	7,23	2.732,94	378,00	
					2.732,94000	
L-P-017	U	1,00	142,00	142,00		1,00
						142,00000
L-P-018	U	1,00	181,20	181,20		1,00
						181,20000
L-P-019	U	1,00	125,00	125,00	1,00	
					125,00000	
L-P-020	U	1,00	85,20	85,20		1,00
						85,20000
L-P-021	U	1,00	128,40	128,40	1,00	
					128,40000	

	60.162,39000		
Valores Parciales	37.035,32500	7733,2621	
Valores Acumulados	37035,325	44768,5871	
Porcentajes Parciales	61,56%	11,00%	
Porcentajes Acumulados	89,00%	100,00%	

ELABORADO:

ANEXOS

Anexo 1. Autorización de uso y aprovechamiento de agua para riego de la Junta Pucareña – El Tambo, según la resolución 10817 – 2023 – A



de marzo del 2020, como a lo dispuesto en Memorando Nro. MAATE-DZ7-2023-2218-M de fecha 11 de octubre del año 2023; lo que establece el Estatuto Orgánico de Gestión Organizacional por Procesos del MAAE, emitido el 28 de agosto de 2020, y en virtud de lo dispuesto en el Acuerdo 2018-0194 suscrito por el Secretario del Agua, soy competente para conocer y resolver el presente trámite administrativo de conformidad con lo dispuesto en los artículos 76, 318, 411 y 412 de la Constitución de la República del Ecuador; Artículos 2,3,14,27,35,43, 82 y 88 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, Art. 7, 82 y 108 del Reglamento de la LORHUyA; y Art. 54 del Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva. Así mismo, el inciso segundo del Art.123 de la LORHUyA: *"La Autoridad Única del Agua, en sus niveles desconcentrados ejercerá la competencia administrativa para conocer, tramitar y resolver, en primera instancia, las peticiones que para el otorgamiento de autorizaciones de uso o aprovechamiento del agua que se presenten, así como para ordenar su registro, mediación resolución de conflictos, sin perjuicio de los derechos colectivos"*.- **SEGUNDO: VALIDEZ DEL PROCESO ADMINISTRATIVO.**- Se han cumplido los requisitos procesales establecidos en el Art. 318 de la Constitución de la República del Ecuador y Art. 76 del mismo cuerpo legal, sin haber omitido solemnidades sustanciales que vicie su procedimiento; principalmente considerando lo que establece el artículo 19 del Código Orgánico Administrativo, y Artículos 87 num.1 literal a), 88, 89 y 90 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento de Agua, en concordancia a la Transitoria Sexta del mismo cuerpo legal; y al amparo al Decreto Ejecutivo Nro. 1017 de fecha 16 de marzo del 2020, donde el Presidente de la República declaró estado de excepción por calamidad pública en todo el territorio nacional por los casos de coronavirus confirmados y la declaratoria de pandemia de COVID-19, en ejercicio de las facultades que le confieren los artículos 164, 165 y 166 de la Constitución de la República del Ecuador; no ha existido omisión de formalidades o solemnidad sustancial alguna que sea causa de nulidad o anulabilidad de lo tramitado, siendo todo lo actuado legal y legítimo, se declara la validez del proceso en todas sus partes. **TERCERO: FUNDAMENTOS JURIDICOS:** El Art. 1 de la Constitución establece que el Ecuador es un Estado constitucional de derechos y justicia, lo cual implica que las actuaciones del poder público deben ceñirse a la Constitución y a la Ley; así como garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas. El Art. 318 de la misma norma suprema declara: "El Estado a través de la Autoridad Única del Agua, será responsable directo de la planificación y gestión de recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación."; y, el Art. 411 de la Constitución de la República del Ecuador, declara: "El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua". El Art. 3 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, establece: "El objeto de la presente ley es garantizar el derecho humano al agua así como regular y controlar la autorización, gestión, preservación, conservación, restauración, de los recursos hídricos, uso y aprovechamiento del agua, la gestión integral y su recuperación, en sus distintas fases, formas y estados

físicos, a fin de garantizar el *sumak kawsay* o buen vivir y los derechos de la naturaleza establecidos en la Constitución". Los artículos 57 y 58 *ibidem*, dispone: "El derecho humano al agua es el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia, suficiente, saludable, aceptable, accesible y asequible para el uso personal y doméstico en cantidad, calidad, continuidad y cobertura". "Las personas, comunidades, pueblos, nacionalidades, colectivos y comunas podrán exigir a las autoridades correspondientes el cumplimiento y observancia del derecho humano al agua, las mismas que atenderán de manera prioritaria y progresiva sus pedidos. Las autoridades que incumplan con el ejercicio de este derecho estarán sujetas a sanciones de acuerdo con la ley". El numeral 1 del Art. 87 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua establece: "Autorizaciones para uso de agua. Es el acto administrativo expedido por la Autoridad Única del Agua por medio del cual atiende favorablemente una solicitud presentada por personas naturales o jurídicas, para el uso de un caudal de agua, destinado al consumo humano o riego que garantice la soberanía alimentaria, incluyendo también el abrevadero de animales y actividades de producción acuícola en la forma y condiciones previstas en esta Ley". ... El artículo 227 de la Constitución de la República del Ecuador, dispone: "La administración pública constituye un servicio a la colectividad que se rige por los principios de eficacia, eficiencia, calidad, jerarquía, desconcentración, descentralización, coordinación, participación, planificación, transparencia y evaluación". Por su parte, el Código Orgánico Administrativo, expresa en el Art. 18 que: "los organismos que conforman el sector público, deberán emitir sus actos conforme a los principios de juridicidad e igualdad y no podrán realizar interpretaciones arbitrarias. El ejercicio de las potestades discrecionales, observará los derechos individuales, el deber de motivación y la debida razonabilidad"; así como, el artículo 22 del COA, que dice: "las administraciones públicas actuarán bajo los criterios de certeza y previsibilidad. La actuación administrativa será respetuosa con las expectativas que razonablemente haya generado la propia administración pública en el pasado. La aplicación del principio de confianza legítima no impide que las administraciones puedan cambiar, de forma motivada, la política o el criterio que emplearan en el futuro. Los derechos de las personas no se afectarán por errores u omisiones de los servidores públicos en los procedimientos administrativos, salvo que el error u omisión haya sido inducido por culpa grave o dolo de la persona interesada".

CUARTO: DECRETOS EJECUTIVOS. Conforme lo determina el artículo 130 del Código Orgánico Administrativo dispone que los/as máximas autoridades administrativas tienen competencia normativa de carácter administrativo únicamente para regular los asuntos internos del órgano a su cargo, salvo los casos en los que la ley prevea esta competencia para la máxima autoridad legislativa de una administración pública. Por lo que la competencia regulatoria de las actuaciones de las personas debe estar expresamente atribuida en la ley; en mérito a ello, el artículo 162 del Código Orgánico Administrativo determina las situaciones en las cuales se puede suspender el cómputo de términos y plazos. Mediante Decreto Ejecutivo Nro. 1007, de fecha 04 de marzo de 2020, dispone: "(...) Fusiónesse el Ministerio del Ambiente y la Secretaría del Agua, en una sola entidad denominada "Ministerio del Ambiente y Agua (...)". Con Acuerdo Ministerial Nro. 2020-0363 de 16 de marzo de 2012 proferido por el Secretario del Agua, Encargado,

suspendió el cómputo de plazos y términos de los procedimientos de autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua; procedimiento general y simplificado, así como también en los procedimientos sancionadores, procedimientos de ejecución coactiva, recursos administrativos de apelación y revisión, así como cualquier otro procedimiento administrativo ejercido por esta Autoridad, que se encuentre en trámite en esta Cartera de Estado y/o sus órganos dependientes, desde el lunes 16 de marzo de 2020 hasta que dure el estado de excepción previsto en el Decreto Ejecutivo Nro. 1017 emitido el 16 de marzo del 2020; posteriormente, considerando que aún persiste la calamidad pública por la presencia de la COVID-19 en Ecuador, con Decreto Ejecutivo Nro. 1074 del 15 de junio de 2020 el señor Presidente Constitucional de la República del Ecuador declara el estado de excepción en todo el territorio nacional. Por Acuerdo Ministerial Nro. MAAE-2020-012 de fecha 07 de julio de 2020, en un solo artículo, dispone el levantamiento de la suspensión de cómputo de los plazos y términos de los procedimientos de autorizaciones de uso y aprovechamiento de agua, procedimientos administrativos sancionadores, procedimientos de ejecución coactiva y recursos administrativos de apelación y revisión, así como los procesos de regularización ambiental, seguimiento y control ambiental; y, en general cualquier procedimiento administrativo que se haya encontrado en trámite ante el ex Ministerio del Ambiente y ex Secretaría Nacional del Agua, actual Ministerio del Ambiente y Agua. Debiendo reanudarse su cómputo y contabilización regular a partir del 08 de julio de 2020. **QUINTO: INFORME TÉCNICO.-** En cumplimiento del debido proceso de conformidad a lo establecido en Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, se designó al Ing. Wilman Guerrero J., funcionario de la Dirección Zonal 7 del MAATE, para que emita informe técnico sobre la petición presentada; informe del cual se desprende los siguientes hechos: **a) UBICACIÓN DE LA FUENTE DE CAPTACION:** PROVINCIA: 11 Loja CANTON: 03 Catamayo, PARROQUIA: 51 El Tambo. **SITUACIÓN HIDROGRÁFICA:** Vertiente P Pacífico, Sistema 22 Catamayo, Cuenca 2270 Rio Catamayo, Subcuenca P227002 Rio Catamayo, Microcuenca P22700241 Qda. Indiucho. **DIVISIÓN HIDROGRÁFICA SEGÚN PFAFSTETTER:** Nivel 5: 138992. **b) DATOS TECNICOS DEL RECURSO HIDRICO SOLICITADO** Nombre de la fuente **Quebrada La Palma**, Propiedades de Elías Correa, Cota de Aprovechamiento: 2.150 m.s.n.m. Caudal aforado: 111.71 lts/seg. Fecha de aforo: 16 de noviembre de 2023; Coordenadas de la fuente: 9°550.593 m. Latitud N. 693.620 m. Longitud E., Método de aforo: Flotador. Caudal Autorizado: 9.0463 lts /seg **c) SITUACION ACTUAL DEL APROVECHAMIENTO:** De acuerdo a lo observado in situ, NO existe ninguna captación y por consiguiente no están utilizando el agua, únicamente han identificado el punto de captación, mismo que se ubicaría en el sitio La Palma, margen izquierda de la Qda. La Palma, a 5 m aguas abajo de la descarga de un drenaje natural existente y a la altura del predio de propiedad del Sr. Elías Correa. El área de riego se ubica en el sector Pucará, a 1,5 km aproximadamente a la cabecera del centro poblado de El Tambo. **d) OFERTA REQUERIMIENTO HÍDRICO Y BALANCE:** De conformidad con el uso de agua solicitada para riego y abrevadero de animales que garantice la soberanía alimentaria, así como considerando otros parámetros procedí a realizar los respectivos cálculos para el otorgamiento del agua cruda de la Qda. La Palma, con lo cual se cubre el requerimiento de los comparecientes tanto para riego y

abrevadero de animales. RIEGO SOBERANÍA ALIMENTARIA MAYOR A 5 L/S (POR
ASPERSIÓN Y GOTEO)

Beneficiarios	Dosis Riego l/s/ha	Área Regarse Ha	Caudal requerido l/s	Volumen Requerido m ³ /año
1 Manuel Alonso González Ruiz	1.50	1.50	0.60	18921.60
2 Darwin Vicente Luna Chalán	1.50	1.50	0.60	18921.60
3 Elvia María Ruiz González	1.50	1.50	0.60	18921.60
4 Hros. Luis Antonio Zhanay Pasaca	1.50	1.50	0.60	18921.60
5 Hros. Manuel Benigno Chalán Palta	1.50	1.50	0.60	18921.60
6 Blanca Elena Chalán Lapo	1.50	1.50	0.60	18921.60
7 Judith del Carmen Carpio Torres	1.50	1.50	0.60	18921.60
8 Luis Guillermo Juela Paute	1.50	1.50	0.60	18921.60
9 Diana Elizabeth Abrigo Cardenas	1.50	1.50	0.60	18921.60
10 Hros. Se Segundo Chalán Palta	1.50	1.50	0.60	18921.60
11 Teresa de Jesús Palta Palta	1.50	1.50	0.60	18921.60
12 Ilda Lucía Palta Zhanay	1.50	1.50	0.60	18921.60
13 Dolores Angélica Chaunay Quinche	1.50	1.50	0.60	18921.60
14 Martha Matilde Briceno Lapo	1.50	1.50	0.60	18921.60
15 Amada Esperanza Pasaca	1.50	1.50	0.60	18921.60
Total	22.50	22.50	9.00	283824.00

Nota: El Sr. Rosalino González compareciente, no incluye al expediente la escritura pública de tenencia del predio. La TARIFA TOTAL POR EL USO DE AGUA PARA RIEGO SOBERANÍA ALIMENTARIA MAYOR A 5 lis calculada a la presente fecha es de 11,35 USD. No obstante, dicho valor podría variar por nuevas disposiciones u autorizaciones en el tiempo. Balance hídrico -Cultivos: Pasto, maíz, café + frutales - Área aproximada del proyecto: 22,50 ha - Tiempo dotación: 24 horas - Tiempo operación del sistema adoptado: 21 horas - Eto máx: 3,19 mm/día (mes crítico octubre) -Kc máx: 0,90 - Dotación: 0,40 l/s/ha - Reservorio obligatoriamente impermeabilizado: Capacidad hasta de 100 m³ (obligatoriamente impermeabilizado, calculado para almacenamiento de 3 horas).

ABREVEDERO DE ANIMALES

Beneficiarios	Número de Animales	Caudal requerido l/s	Volumen Requerido m ³ /año
1 Manuel Alonso González Ruiz	8	0.0037	116.80
2 Darwin Vicente Luna Chalán	45	0.0069	219.00
3 Elvia María Ruiz González	5	0.0023	73.00
4 Hros. Luis Antonio Zhanay Pasaca	40	0.0046	146.00
5 Hros. Manuel Benigno Chalán Palta	5	0.0023	73.00
6 Blanca Elena Chalán Lapo	8	0.0037	116.80
7 Judith del Carmen Carpio Torres	8	0.0037	116.80
8 Luis Guillermo Juela Paute	8	0.0037	116.80
9 Diana Elizabeth Abrigo Cardenas	2	0.0009	29.20
10 Hros. Se Segundo Chalán Palta	5	0.0023	73.00
11 Teresa de Jesús Palta Palta	6	0.0028	87.60
12 Ilda Lucía Palta Zhanay	2	0.0009	29.20
13 Dolores Angélica Chaunay Quinche	5	0.0023	73.00
14 Martha Matilde Briceno Lapo	6	0.0028	87.60
15 Amada Esperanza Pasaca	7	0.0032	102.20
Total	100	0.0463	1460.00

Síntesis del caudal requerido en lis

Usos	Caudal requerido (l/s)	Volumen Total requerido (m ³ /año)
Riego Presurizado	9.00	283824.00
Abrevadero Animales	0.0463	1460.00
Total	9.0463	285284.00

d) OBRAS A CONSTRUIRSE: En el punto de coordenadas antes señaladas y en la margen izquierda de la Qda. La Palma, amerita realizar la construcción de un sistema de captación adecuado que permita el paso del agua y retenga los sólidos

flotantes, así como la instalación del equipo o infraestructura necesaria que permita controlar el ingreso del caudal a autorizarse. Específicamente, de la fuente se captará el caudal total a otorgarse a través de una manguera de cuatro pulgadas y conducidas en una longitud total aproximada de 4,86 km, en cuyo recorrido deberán construirse cajas rompe-presión, cajas de válvulas de purga y de desfogue y un reservorio impermeabilizado de capacidad hasta de 100 m³ a construirse en la cota 1950 m (X: 689347 m y Y: 9549738 m); y, a partir de este se repartirá el caudal por la red principal y secundarias según ubicación de los predios de los beneficiarios del agua. Toda la manguera de conducción y distribución deberá ser enterrada donde sea posible a una profundidad de 0,25 m. e) **SERVIDUMBRE:** De la información proporcionada y observado en campo, para el uso del agua necesitan ocupar terrenos sirvientes y por consiguiente se requerirá de la constitución de servidumbres en su orden de acuerdo al siguiente detalle: **Captación:** Terrenos de propiedad de Elias Correa **Conducción:** Terrenos de propiedad de Elias Correa, Segundo Gordillo, Fany Gordillo, Rigoberto González, Herederos de Emiliano Carpio, Hugo González, Alicia Yanza y Narcisca Zhanay **Reservorio:** Terrenos de Matilde Tapia. Para la distribución de los caudales, no es necesario porque ocupan sus propios terrenos. f) **CONCLUSIONES:** Las aguas superficiales en estudio corresponden a la Qda. La Palma, misma que se ubica en el Sector La Palma, parroquia El Tambo, cantón Catamayo y provincia de Loja; e, hidrográficamente según delimitación y codificación con la metodología Pfafstetter a nivel 6 corresponden a la unidad hidrográfica 138992. La fuente de agua y su captación se ubica dentro del APH Verdum, establecida y delimitada mediante Resolución MAATE-DZ7-APH-VERDUN-2023-003, emitida por la Dirección Zonal 7 el 28 de agosto de 2023. Revisado el RUAA con corte a noviembre de 2023, se evidencia que aguas abajo del punto de captación y a construirse, NO existen otras autorizaciones de agua hasta la confluencia con la Qda. Chiriacu. En el expediente no se adjunta ningún estudio o proyecto de infraestructura hidráulica necesarios para su utilización y con ello el uso inmediato y óptimo para los fines solicitados. Además, de la información recabada en el Municipio de Catamayo, no existe ninguna ordenanza que delimite el perímetro urbano de la cabecera parroquial de El Tambo. g) **RECOMENDACIONES:** De las aguas superficiales de la Qda. La Palma, corresponde a la autoridad AUTORIZAR su uso exclusivamente para riego presurizado (aspersión y goteo) y abrevadero de animales que garantice la soberanía alimentaria en beneficio de la Pre Junta de Riego Pucará, representada por el Sr. Darwin Vicente Luna Chalán. Para la autorización de la CAPTACION en la referida fuente de agua en la MARGEN IZQUIERDA, considerar las coordenadas y cota señalada en el Punto 5 de este informe; y, para la asignación de los caudales y demás especificaciones, considerar lo señalado en el Punto 7 respecto al requerimiento de los caudales para dichos usos. En la resolución se deberá señalar la obligación del autorizado de someterse a la TARIFA POR EL USO DE AGUA PARA RIEGO MAYOR A 5 Us. No obstante, dicho valor podría variar por nuevas disposiciones u autorizaciones en el tiempo. Para garantizar que los comparecientes capten el caudal a otorgarse de la Qda la Palma, se deberá exigir y monitorear el cumplimiento con relación a la implementación de los sistemas de medición de consumo de agua superficial cruda; y, para el reporte de información a la Autoridad Única del Agua por parte del usuario según corresponda, esto en

función con lo establecido en la Regulación Nro. DIR-ARCA-RG-008-2017 REFORMADA. Se establezcan las respectivas servidumbres de captación, conducción, tránsito y para la implantación del reservorio de acuerdo a lo señalado en el punto 10 de este informe. Por lo expuesto en los considerandos anteriores y en mérito al informe técnico, en aplicación del artículo 122 del Código Orgánico Administrativo y por todos estos elementos, que motivan la decisión administrativa; en mi calidad de Responsable de la Unidad Técnica de Catamayo, se **RESUELVE:** atender parcialmente la petición presentada por el Señor **DARWIN VICENTE LUNA CHALÁN** en calidad de Representante o Procurador Común de los usuarios de la PRE JUNTA DE RIEGO PUCARÁ. Por lo despachado y al haberse cumplido con las condiciones establecidas en el Art. 90 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, en lo que respecta al orden de prelación establecido en la Constitución de la República, disponibilidad del recurso hídrico de acuerdo a lo establecido en el informe técnico del presente expediente, donde según el aforo practicado se determinó un caudal suficiente para atender el requerimiento sobre el recurso hídrico solicitado, y que será utilizado de acuerdo al diseño establecido y aprobado en el Considerando QUINTO de la presente resolución; en consecuencia, se autoriza el uso de las aguas de la quebrada **LA PALMA** las mismas que se encuentran ubicadas en el sector la Palma de la parroquia El Tambo del cantón Catamayo de la provincia de Loja, de acuerdo al siguiente detalle: **1.- PARA RIEGO POR ASPERSIÓN-** Para la Soberanía Alimentaria y por tiempo determinado, esto es para diez años renovables, se concede el caudal de 9.00 lit./seg., para regar u área total de 22.50 hectáreas y con un volumen anual de 283824.00 m³/año. Esto en beneficios de los usuarios de la Pre Junta De Riego distribuidos de la siguiente manera:

	Beneficiarios	Área Regarse Ha	Caudal requerido l/s	Volumen Requerido m ³ /año
1	Manuel Alonso González Ruiz	1.50	0.60	18921.60
2	Darwin Vicente Luna Chalán	1.50	0.60	18921.60
3	Elvia María Ruiz González	1.50	0.60	18921.60
4	Hros. Luis Antonio Zhanay Pasaca	1.50	0.60	18921.60
5	Hros. Manuel Benigno Chalán Palta	1.50	0.60	18921.60
6	Bianca Elena Chalán Lapo	1.50	0.60	18921.60
7	Judith del Carmen Carpio Torres	1.50	0.60	18921.60
8	Luis Guillermo Juela Paute	1.50	0.60	18921.60
9	Diana Elisabeth Abrigo Cardenas	1.50	0.60	18921.60
10	Hros. Se Segundo Chalán Palta	1.50	0.60	18921.60
11	Teresa de Jesús Palta Palta	1.50	0.60	18921.60
12	Ida Lucía Palta Zhanay	1.50	0.60	18921.60
13	Dolores Angélica Chaunay Quinche	1.50	0.60	18921.60
14	Martha Matilde Eriçeño Lapo	1.50	0.60	18921.60
15	Amada Esperanza Pasaca	1.50	0.60	18921.60
	Total	22.50	9.00	283824.00

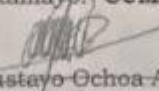
2.- PARA ABREVEDERO DE ANIMALES.- Por tiempo determinado, esto es para diez años renovables, se concede el caudal de 0,0463 lit./seg., con dotación de 40 lit/cab/día, para 100 cabezas de ganado, como se detalla a continuación:

	Beneficiarios	Número de Animales	Caudal requerido l/s	Volumen Requerido m ³ /año
1	Manuel Alonso González Ruiz	8	0.0037	116.80
2	Darwin Vicente Luna Chalán	45	0.0069	219.00

3	Elva María Ruiz González	5	0.0023	73.00
4	Hros. Luis Antonio Zhanay Pasaca	40	0.0046	146.00
5	Hros. Manuel Benigno Chalán Palta	5	0.0023	73.00
6	Bianca Elena Chalán Lapo	8	0.0037	116.80
7	Judith del Carmen Carpio Torres	8	0.0037	116.80
8	Luis Guillermo Jucla Paute	8	0.0037	116.80
9	Diana Elizabeth Abrigo Cardenas	2	0.0009	29.20
10	Hros. Se Segundo Chalán Palta	5	0.0023	73.00
11	Teresa de Jesús Palta Palta	6	0.0028	87.60
12	Bda Lucia Palta Zhanay	2	0.0009	29.20
13	Dolores Angélica Chimunay Quanche	5	0.0023	73.00
14	Martha Matilde Briceño Lapo	6	0.0028	87.60
15	Amada Esperanza Pasaca	7	0.0032	102.20
Total		100	0.0463	1460.00

3.- El Caudal Total otorgado en este proceso es de **9.463 lts./seg.** Tanto para riego presurizado como para abrevadero de animales como se ha señalado en el punto 1 y 2. Mientras que la Captación del recurso lo realizarán en la propiedad del señor Elías Correa, en la Cota: 2.150 m.s.n.m.; Coordenadas: 9°550.593 m. Latitud N. 693.620 m. Longitud E. y para su uso deberá construir un sistema de captación que permita el paso del agua y retenga los sólidos flotantes, así como la instalación del equipo o infraestructura necesaria que permita controlar el ingreso del caudal a autorizarse. Específicamente, de la fuente se captará el caudal total a otorgarse a través de una manguera de cuatro pulgadas y conducidas en una longitud total aproximada de 4,86 km, en cuyo recorrido deberán construirse cajas rompepresión, cajas de válvulas de purga y de desfogue y un reservorio impermeabilizado de capacidad hasta de 100 m³ a construirse en la cota 1950 m (X: 689347 m y Y: 9549738 m); y, a partir de este se repartirá el caudal por la red principal y secundarias según ubicación de los predios de los beneficiarios del agua. Toda la manguera de conducción y distribución deberá ser enterrada donde sea posible a una profundidad de 0,25 m. **4.- SERVIDUMBRE:** Se otorga la servidumbre para la construcción de la captación, paso, conducción, almacenamiento y construcción de conexas, de acuerdo al siguiente detalle: **Captación:** Terrenos de propiedad de Elías Correa **Conducción:** Terrenos de propiedad de Elías Correa, Segundo Gordillo, Fany Gordillo, Rigoberto González, Herederos de Emiliano Carpio, Hugo González, Alicia Yanza y Narcisca Zhanay **Reservorio:** Terrenos de Matilde Tapia. Para la distribución de los caudales, no es necesario porque ocupan sus propios terrenos. **5.-OBLIGACIONES.-** Establecido el derecho, los beneficiarios de la presente autorización deberán cumplir con lo siguiente: **a) Plazo de Autorización:** El agua autorizada para Riego y abrevadero de animales es por el plazo de 10 años renovables por periodos sucesivos iguales, de conformidad con lo se establece en el literal b) del numeral 2 Art. 87 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. **b) Tarifa:** Atendiendo el Acuerdo Ministerial Nro. 2017-0010 de 28 de junio del 2017, que reforma el Acuerdo Ministerial Nro. 2017-1522 de fecha 23 de mayo de 2017, emitido por la Secretaría del Agua; mediante los cuales se aprueba y fija como valor unificado la Cantidad Mínima Vital de Agua; tarifa por excedentes de la cantidad mínima vital de agua cruda para los prestadores de los servicios de agua potable a nivel nacional; y, las Tarifas de las Autorizaciones de Uso y Aprovechamiento del Agua; en lo que corresponde a los beneficiarios de la presente autorización y atendiendo los mencionados Acuerdos Ministeriales, la presente autorización de uso del agua, **SI** amerita cobro de tarifa

por concepto de utilización, el cual ha sido calculado a la presente fecha en el valor de \$ 11.35 USD. No obstante dicho valor podrá variar por nuevas disposiciones u autorizaciones en el tiempo. **c) Caudal ecológico:** El Reglamento a la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua, en su disposición Transitoria SEXTA, establece que de conformidad a lo estipulado en el artículo 76 de la Ley, en el plazo máximo de un año tras la entrada en vigor de este Reglamento, la Secretaría del Agua, en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional establecerá reglamentariamente los criterios, parámetros y metodologías para la determinación del caudal ecológico de acuerdo con las condiciones y las características de los cuerpos de agua, que serán considerados dentro de dicha planificación hídrica nacional. En tanto no tenga lugar la aprobación de dicha reglamentación, la Secretaría del Agua, establecerá como caudal ecológico al 10% del caudal medio mensual multianual del régimen natural de la fuente, determinado en función de los datos hidrológicos de al menos 10 años, el cual correrá libremente aguas abajo por su curso natural, con la finalidad de proteger derechos de la naturaleza. **d) Los titulares de la presente resolución, instalarán a su cargo el aparato de medición de flujo de agua; para dicha instalación, se estará a lo dispuesto en la Resolución Nro. DIR-ARCA-RG-008-2017-REFORMADA, mediante la cual la ARCA aprueba la normativa técnica para la implementación de los sistemas de medición de agua cruda de los usuarios del agua, de conformidad a lo establecido en el inciso tercero del Art. 90 del Reglamento de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua. 6.-** Los beneficiarios de la presente autorización, en forma obligatoria, preservarán con buenas prácticas el recurso hídrico en cantidad y calidad, prohibiéndose además todo tipo de contaminación; asimismo, colaborarán en la reforestación de la fuente con la finalidad de asegurar la continuidad de caudal. **7.-** La Agencia de Regulación y Control del Agua, ARCA, a través de su Departamento Técnico, realizará la supervisión y control permanente, a fin de que se cumpla con las obligaciones establecidas en la presente resolución, cuyos informes se anexarán a este expediente. **8.-** Ejecutoriada la presente resolución, se ordena su inscripción en el Registro Público de Aguas que para el efecto lleva esta entidad, de conformidad con lo que establece el Art. 24 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua y Art. 20 de su Reglamento de Aplicación, remitiéndose copias a la Dirección Zonal Loja, del Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.- Actúe en calidad de secretario Ad-hoc, el abogado Noemi Pardo Ochoa, funcionario de la Oficina Técnica Catamayo. **CÚMPLASE Y NOTIFÍQUESE.**


Abg. Jorge Gustavo Ochoa Astudillo,
RESPONSABLE OFICINA TÉCNICA CATAMAYO (E)
DIRECTOR ZONAL NRO. 7- MINISTERIO DEL AMBIENTE, AGUA Y
TRANSICIÓN ECOLÓGICA.

Lo Certifico:
Secretario Ad-hoc

JCA

Dirección: Calle Madrid 158 y Andalucía
Buzón postal: 170525 / Loja-Ecuador
Teléfono: +593 7 280 7000
www.ambiente.gub.ec

9

EL NUEVO
ECUADOR 

Anexo 2. Estadística de precipitación de las estaciones meteorológicas utilizadas para el análisis hidrológico

Estación: La Argelia

Código: M033

Coordenadas: 699403 m; 9553464 m

Tipo de estación: Agrometeorológica principal

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1989	116,4	143,9	84,9	111,1	55,2	26,8	65,6	46,6	45	73,8	70,6	65,2	905,1	75,43
1990	159,2	161,6	205,3	47,6	63	44,3	34,7	34,1	64,2	130,1	14,8	20,7	979,6	81,63
1991	131,7	161,3	142,6	131,1	77,1	83	43,8	33,2	27,1	85,4	107,8	115	1139,1	94,93
1992	113,1	153,5	197	59,6	70,1	64	39,2	61,9	30,9	61	22,6	66,5	939,4	78,28
1993	83,5	125,3	94,1	97	57,6	47,7	50,4	15,7	39,4	47,1	103,5	64,5	825,8	68,82
1994	85,4	105,4	317,2	93,4	23,4	50,3	62,7	29,2	45,6	91,5	48	198,1	1150,2	95,85
1995	213,8	77,6	285,5	123,3	54,1	53,8	81,5	69,3	37	29,6	42,8	104,6	1172,9	97,74
1996	59,7	88	93,4	52,8	64,7	9,8	33,6	19,9	22,3	36,8	129	121,3	731,3	60,94
1997	98,3	144,3	153,5	97,8	30,9	46,5	38,6	34,4	37,1	57,9	13	27	779,3	64,94
1998	68,1	109,2	101,2	69,9	46,2	20,7	50,2	35,2	42	59,9	73,6	123,9	800,1	66,68
1999	40,4	101,9	136,2	88,5	51,2	75,2	49,5	35,7	31,4	115,5	86,4	39,2	851,1	70,93
2000	124,3	299,4	132,2	83,7	120,2	58,9	59,8	50,2	81,7	27,8	48,1	131,2	1217,5	101,46
2001	152,1	178,2	192,1	105	81,8	86,8	37,1	50,3	67,7	31,6	25,4	57,6	1065,7	88,81
2002	82,8	116,6	68,3	69,8	63,7	86,9	81,2	52,1	42	33,5	128	98,3	923,2	76,93
2003	102	99,2	53,5	126,7	68,2	39,2	62,8	5,9	18,2	67,7	71,4	70,6	785,4	65,45
2004	80,3	113,3	188	68,8	92,3	53,9	34,1	6,9	25	73,3	56,5	106,8	899,2	74,93
2005	48,1	119	177,6	198,7	46,5	85,4	47,3	12,1	25,2	125,8	95,3	96,3	1077,3	89,78
2006	46,4	134,5	173,6	157,6	33	79	15,3	13,4	18,1	86,2	62,5	98,3	917,9	76,49
2007	138,1	88,8	188,3	82,7	33,6	78,5	33,7	13,2	22,5	37,2	93,1	90,6	900,3	75,03
2008	50,1	66,3	93,5	99,1	80,7	120	11,3	152,4	55	55,7	153,3	77,6	1015	84,58
2009	62,3	251	237,9	137,8	74,6	51,3	89,5	89,7	20,6	136,4	102,9	126,3	1380,3	115,03
2010	133	90,2	134,4	93,1	43,3	29,8	55,7	61,9	55,6	69,7	26	118,4	911,1	75,93
2011	59,4	109,6	46,3	75,8	70,7	77,5	31,1	46,2	60,6	34,4	60	81,1	752,7	62,73
2012	58,2	205,3	131,4	154,5	87,1	56,1	101	54,7	89,8	80,9	155,9	163,7	1338,6	111,55
2013	147	201,6	60,5	97,8	82,1	82,2	16,6	32	32,8	116,4	110,1	117,3	1096,4	91,37
Media	96,1	135,1	151,2	101,1	62,1	59,4	50,4	42,7	41,8	68,7	74,6	94,3	977,42	81,45
Minima	40,4	66,3	46,3	47,6	23,4	9,8	11,3	5,9	18,1	27,8	13	20,7	330,6	27,55
Máxima	213,8	299,4	317,2	198,7	120,2	120	101	152,4	89,8	136,4	155,9	198,1	2102,9	175,24

Estación: Gonzanamá

Código: M149

Coordenadas: 674134 m; 9532238 m

Tipo de estación: Agrometeorológica principal

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA	MEDIA
1989	197,7	187,1	290,9	221,6	97,6	14,2	0	1	13	124	26	42,5	1215,6	101,3
1990	107,1	167,5	119,9	275,9	38,4	2,8	52,3	3	0	81,5	85,5	73,9	1007,8	84,0
1991	68,8	231,8	382,3	101,7	100,9	8,7	22	1,9	21,5	20	37,1	74,8	1071,5	89,3
1992	76,4	176,4	149,8	206,7	90,2	4,2	0	5,2	59,8	45,6	82,5	83,5	980,3	81,7
1993	104,3	263,5	417,6	208,4	49,5	0	6,4	0	69,2	49,8	69,2	161,6	1399,5	116,6
1994	320,6	208,8	303,8	207,5	4,3	0	0	7,3	5,2	24	74,2	7,6	1163,3	96,9
1995	20,4	191,9	77,8	97,3	70,8	0	1,2	0	0	57,7	69	156,5	742,6	61,9
1996	62,2	0	334,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	396,5	33,0
1997	49,7	112	76	97,7	24,1	3,2	0	0	75,2	55,6	313,4	106,7	913,6	76,1
1998	72,6	112,6	255,3	167	82,7	3	0	25,3	63	134	91,8	74	1081,3	90,1
1999	173,9	260,6	415,3	68,5	179,3	56	3,7	3	58	49,6	33,4	212,5	1513,8	126,2
2000	128,3	335,6	425,6	180,8	82	17,1	0	0	71,7	6,6	0	96,6	1344,3	112,0
2001	246,6	178,1	331,2	121,4	66,7	3,4	0	11,6	21,9	7,8	140,7	164	1293,4	107,8
2002	121,6	221,9	200,4	343	46,6	35	10,5	0	27,2	104,9	151,4	52,1	1314,6	109,6
2003	88,4	27,7	210,6	143,2	49	40,9	31,3	20	51,1	42,2	68,7	23,7	796,8	66,4
2004	119,2	217,7	52,7	210,6	98,6	0	49,6	0	64,4	28	152,1	39,8	1032,7	86,1
2005	88,5	188,2	691,8	255,5	178,2	9,3	0	0	0	52,7	70,9	233,7	1768,8	147,4
2006	216,1	242,8	597	694,3	116,1	85,3	39,4	0,0	4,2	11,6	186,6	229,9	2423,3	201,9
2007	133,8	147,4	162,5	588,9	383,1	1,2	6,8	0	10,5	128,4	302,4	177,3	2042,3	170,2
2008	346,3	580,4	695,4	828,4	58,3	50,2	9,7	25	36,3	207,5	260,9	185,2	3283,6	273,6
2009	240,1	414,9	589,1	432,6	121,5	35,8	23,4	0	3,1	33,7	24,6	88,5	2007,3	167,3
2010	136,2	335,6	234,1	161,2	273,4	123,5	138,9	19,8	50,9	51,1	112,3	185,6	1822,6	151,9
2011	305	623,5	239,0	404,2	18,0	102,3	4,3	10,4	67,4	235,1	264,6	267,9	2541,7	211,8
2012	173,9	260,6	415,3	68,5	179,3	56,0	3,7	3,0	58	49,6	33,4	212,5	1513,8	126,2
2013	128,3	335,6	425,6	180,8	82,0	17,1	0,0	0,0	71,7	6,6	0	96,6	1344,3	112,0
Media	149,0	240,9	323,7	250,6	99,6	26,8	16,1	5,5	36,1	64,3	106,0	121,9	1440,6	120,1
Mínima	20,4	0	52,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	73,1	6,1
Máxima	346,3	623,5	695,4	828,4	383,1	123,5	138,9	25,3	75,2	235,1	313,4	267,9	4056,0	338,0

Estación: Malacatos

Código: M143

Coordenadas: 691965 m; 9533892 m

Tipo de estación: Climática ordinaria

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1989	138,7	96,7	179,6	70,4	12,6	10,2	9,6	3,7	130,7	80,7	18	49	799,9
1990	105,2	129,4	22,4	279,8	13,2	7,6	21,3	4,1	10	75,3	101,9	37,2	807,4
1991	103,2	30,7	233,8	72,6	94,3	0,6	12,1	0	51,9	27,4	26,4	15,8	668,8
1992	44,4	22,7	147,2	28,8	17,6	3,3	0	0,1	40,8	0	52,5	80,1	437,5
1993	64,5	187,7	187	68,2	28,5	6,4	0	0	20,1	134,6	18,9	98,5	814,4
1994	102,2	74,6	78,3	43	30,7	0	0	18,6	4,8	41,8	42,8	63,7	500,5
1995	10,4	81,2	118,5	8,4	2,6	0	0	3,5	8	8,6	62,5	38,8	342,5
1996	38,7	84,1	15,1	41,8	16,2	0	0	0	17,7	68,4	0	0	282
1997	68,1	4,1	40	98,6	10,1	7,1	0	0	18,8	72,1	119,6	41,6	480,1
1998	49,7	136,4	108,6	79,2	10,6	0	0	5,3	0	141,1	5,7	30,7	567,3
1999	112,1	188,5	150,4	12,2	47	6,9	3	3	7,1	23,1	26,6	134,5	714,4
2000	111,9	432,2	196,7	309,8	65,4	17,6	11,1	14	23	55,1	38	53,2	1328
2001	68,8	47,6	93,4	57,3	33	11,9	5,8	0	0	72,2	19,8	129,4	539,2
2002	44,4	59,1	34	154,6	4,5	0	0	7,4	17	65,6	28,2	127,3	542,1
2003	17,6	100	108,2	84,7	2,1	0	8,1	0	0,1	164,8	19,8	27,3	532,7
2004	21,8	29,1	20,4	143,9	31,9	5,1	14,6	17,3	29,4	115,6	151,2	107,4	687,7
2005	21,7	91,4	228,5	41,7	51,4	15,3	0	0	0	103,3	29,2	55,9	638,4
2006	53,3	132,8	222,8	76,9	1,2	38,8	21,1	0	1,6	44,2	136,5	136,6	865,8
2007	30,9	53,8	155,2	149,3	46,4	11,6	5,7	14,4	6,2	78,6	142,7	62,2	757
2008	45,6	195,7	173	83,4	54,1	22,3	0,1	14,7	20,6	162,9	64,5	171,2	1008,1
2009	173,8	164,9	164	87,6	58	3,8	5,7	6,3	5,3	36,2	8,3	70	783,9
2010	3,6	116,5	71,3	80	93,3	37,9	25	15,9	12,6	46,5	92,2	75,6	670,4
2011	99,8	260,3	109,6	150,8	33	19,4	10,1	19,7	52	103,3	101,3	116,3	1075,6
2012	234,7	223,7	85,1	154,8	8,5	0,3	0,2	0	18,2	72,6	66,5	84,8	949,4
2013	37,7	114,9	120	92,5	51	0	0	0,6	37,7	70,5	35,9	74,9	635,7
Media	72,1	122,3	122,5	98,8	32,7	9,0	6,1	5,9	21,3	74,6	56,4	75,3	697,15
Mínima	3,6	4,1	15,1	8,4	1,2	0	0	0	0	0	0	0	32,4
Máxima	234,7	432,2	233,8	309,8	94,3	38,8	25	19,7	130,7	164,8	151,2	171,2	2006,2

Estación: La Toma – Catamayo

Código: M060

Coordenadas: 680873 m; 9558429 m

Tipo de estación: Aeronáutica

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1989	62,2	71,3	13,3	122,2	27,8	9,4	12,6	5,8	18,3	41,3	38,2	33,2	455,6
1990	124,1	92,9	121,3	8,5	12,2	7,1	0,1	3,1	5,9	64,8	28,7	1,3	470
1991	20,2	76,4	37,5	94	18,4	5,3	14,5	0	7,3	36,7	36,5	17,4	364,2
1992	64,1	33,3	154	8,1	45,7	7	2,2	0	13,3	9,3	15,1	30,5	382,6
1993	22,3	77,1	37	35,3	23,9	7,5	1,1	2,5	12,4	5,9	26,6	14,2	265,8
1994	15,3	115,3	140,7	65	9,4	0,4	1	0	23,7	52,8	8,7	145,4	577,7
1995	45,9	37,1	50,2	32	10,8	0,9	1	6,1	2,7	45,3	21,1	23,4	276,5
1996	3,1	71,8	44,9	38,7	53,8	0,2	3,4	0,7	0,9	49,4	63,6	74,4	404,9
1997	61,3	43,9	127,2	37,6	45,8	11	0,1	0	0,1	14,5	0,4	5,4	347,3
1998	15,8	64,8	30,8	14,1	0,5	0,4	3	0	1,7	11,7	36,6	19,8	199,2
1999	16,6	32,1	100,3	34,4	41,5	0,3	0	24,9	3,9	49,7	10,3	0,3	314,3
2000	33,6	67,2	74,7	53,4	24,1	6,7	2,5	5,7	11,4	37,7	23,4	29,7	370,1
2001	38,5	68,7	78	53,7	21,6	7,7	2,8	5	11,8	36	23,1	34,6	381,5
2002	43,5	50,1	76	35,5	19,3	3,4	2,4	1,9	4,6	0	41,9	67,8	346,4
2003	31,1	54,3	78,2	94,2	11	3,9	5,2	0	7,3	43,9	35,6	24,1	388,8
2004	32	64	71	51	23	6,4	2,4	5,4	11	36	22,2	28,2	352,6
2005	17,1	60,8	30	105,1	25,6	9,4	7,5	7,5	58	44,9	81,1	91,8	538,8
2006	30,5	105,8	161,7	59,1	44,7	16,4	9	7,5	9,2	46,9	35	115,6	641,4
2007	57,5	100,3	134,6	77,6	41,8	16,1	10,4	11,9	35,7	47,6	67	68,5	669
2008	47,8	67	108,9	66,9	28	10,6	6,8	8,6	23,6	34	29	40	471,2
2009	38,1	66,6	83,3	56,1	27,6	5	3,2	5,3	11,4	33,7	28,6	39,6	398,5
2010	43,8	32,1	89,7	58,3	19,2	3,1	2,9	3,6	0	23,5	9,6	66,2	352
2011	15,4	73,6	26,4	24,9	20,6	37,4	19,7	6,5	5,2	10,6	34,2	19,3	293,8
2012	32,4	93	106,7	123,6	22,2	12,2	9,1	13,2	18,1	32,9	52,4	50,8	566,6
2013	79,3	127,2	50,8	88,2	9,7	5,3	5,2	5,1	14,9	44,1	45,7	22,3	497,8
Media	39,7	69,9	81,1	57,5	25,1	7,7	5,1	5,2	12,5	34,1	32,6	42,6	413,06
Mínima	3,1	32,1	13,3	8,1	0,5	0,2	0	0	0	0	0,4	0,3	58
Máxima	124,1	127,2	161,7	123,6	53,8	37,4	19,7	24,9	58	64,8	81,1	145,4	1021,7

Estación: Cajanuma

Código: M543

Coordenadas: 699492 m; 9548762 m,

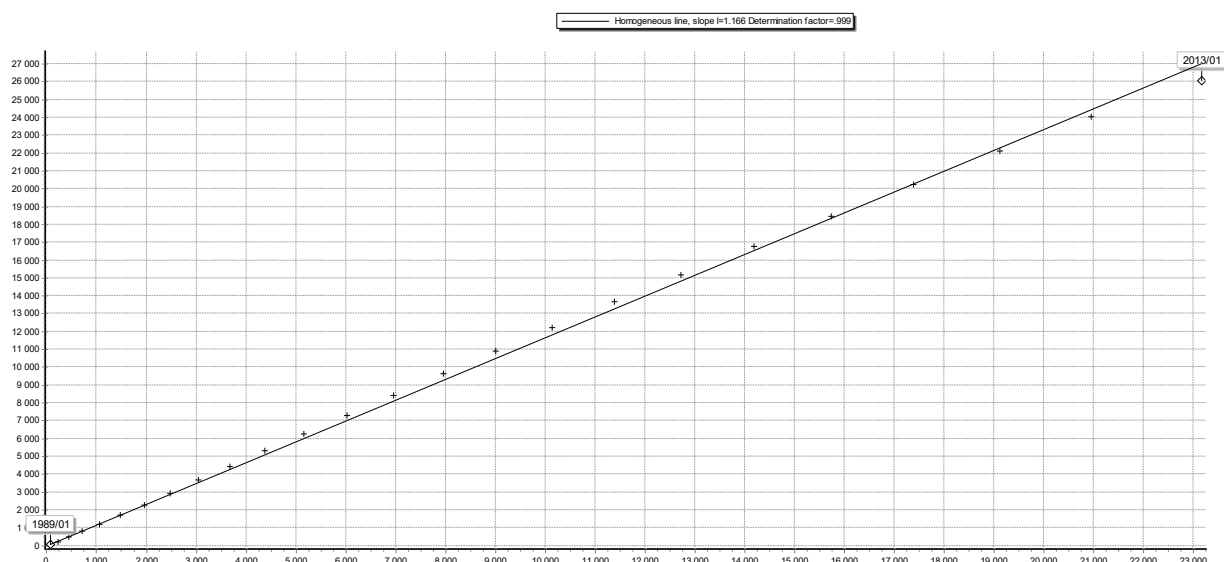
Tipo de estación: Pluviométrica

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
1989	146,5	182,5	155,1	139,9	82,3	35,7	84,4	51,3	33,7	93,7	82,8	68,6	1156,5
1990	162,1	166,5	205,4	52,5	71,3	53,6	40,4	37,2	67	134,2	20,3	24,3	1034,8
1991	134,5	204,4	157,2	126,3	85,3	73,6	30,4	24,6	26,6	129,7	125,8	132	1250,4
1992	130	174,6	222,7	71	82,6	75,8	48,5	73,5	39,3	72,5	30,1	78,6	1099,2
1993	97,4	143,5	109,1	112,3	68,8	57,8	60,8	22,5	48,7	57,2	119,4	76,4	973,9
1994	99,5	121,5	355,3	108,3	31	60,7	74,4	37,4	55,5	106,2	58,2	223,9	1331,9
1995	241,2	90,8	320,3	141,3	64,9	64,6	95,2	81,7	46	37,9	52,4	120,7	1357
1996	57,6	121,9	97,1	50,3	92,3	6,7	31,8	10,2	18,4	28,2	89,1	126,7	730,3
1997	114,7	178,7	148,7	100,8	41,9	38,7	26,3	28,8	16	43,8	19,7	43,2	801,3
1998	80,4	125,7	116,9	82,3	56,2	28	60,6	44	51,6	71,3	86,4	142	945,4
1999	49,8	117,7	155,5	102,9	61,7	88,2	66,4	37,8	22,4	115,5	92,9	63	973,8
2000	142,4	335,7	151,1	97,6	137,9	70,2	81,8	58,9	93	49	31,8	176,8	1426,2
2001	173,1	201,9	217,2	121,1	95,5	101	46,1	60,7	79,9	40,1	33,2	68,8	1238,6
2002	96,6	133,9	80,6	82,2	75,5	101,1	94,8	62,7	51,6	42,2	146,5	113,7	1081,4
2003	117,8	114,7	64,2	145,1	80,5	48,5	74,5	11,7	25,3	79,9	84	83,1	929,3
2004	93,8	130,3	212,7	81,1	107,1	64,7	42,8	12,8	32,8	86,1	67,6	123,1	1054,9
2005	58,3	136,6	201,2	224,5	56,5	99,5	57,4	18,5	33	144,1	110,4	111,5	1251,5
2006	56,4	153,7	196,8	179,2	41,6	92,4	22,1	20	25,2	100,3	74,2	113,7	1075,6
2007	157,6	103,2	213,1	96,5	42,3	91,8	42,4	19,8	30	46,3	108	105,2	1056,2
2008	60,5	78,4	108,4	114,6	94,3	137,7	17,7	173,4	65,9	66,7	174,4	90,8	1182,8
2009	74	282,3	267,8	157,3	87,5	61,8	104	104,2	27,9	155,8	118,8	144,6	1586
2010	152	104,8	153,6	108	53	38,1	66,7	73,5	66,6	82,1	33,9	135,9	1068,2
2011	70,8	126,2	56,3	88,9	83,2	90,7	39,5	56,2	72,1	43,2	71,4	94,7	893,2
2012	69,4	231,8	150,2	175,7	101,3	67,1	116,7	65,6	104,3	94,5	177,3	185,9	1539,8
2013	167,5	227,7	72	113,1	95,8	95,9	31,2	46,1	26	129,2	195,4	118,6	1318,5
Media	112,2	159,6	167,5	114,9	75,6	69,8	58,3	49,3	46,4	82,0	88,2	110,6	1134,27
Mínima	49,8	78,4	56,3	50,3	31	6,7	17,7	10,2	16	28,2	19,7	24,3	388,6
Máxima	241,2	335,7	355,3	224,5	137,9	137,7	116,7	173,4	104,3	155,8	195,4	223,9	2401,8

Anexo 3. Análisis de consistencia de datos de las estaciones meteorológicas por método de la curva de doble masa

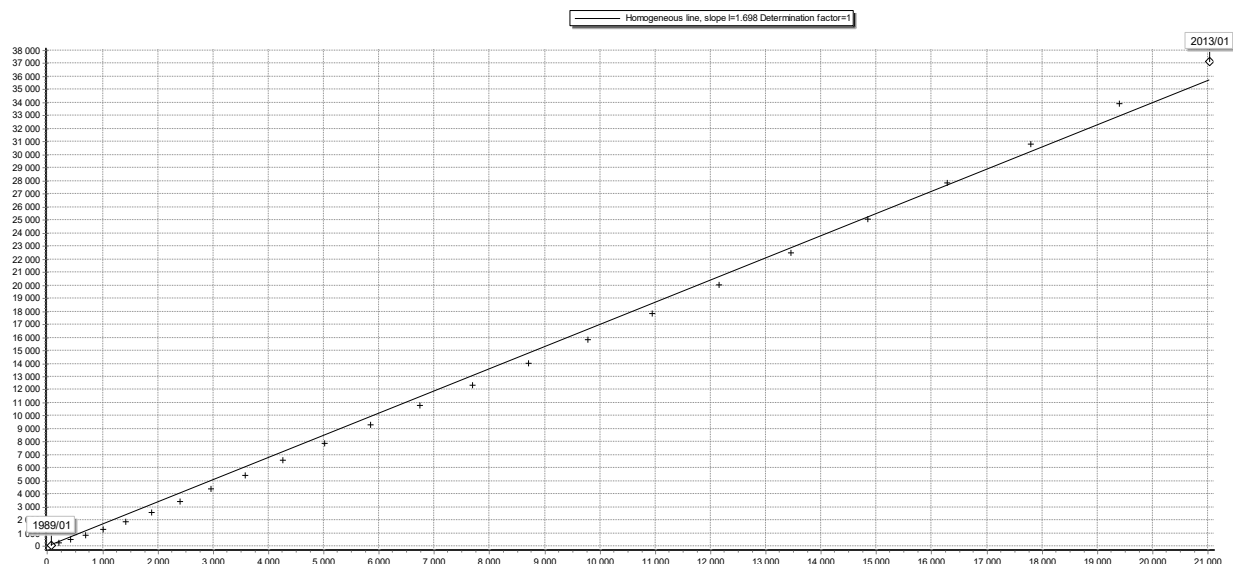
Estación La Argelia

Años	Gonzanamá	Malacatos	Cajanuma	Catamayo	Precipitación media	Precipitación acumulada estaciones	Argelia	Precipitación acumulada La Argelia
1989	101,30	66,66	96,38	37,97	75,58	75,58	75,43	75,43
1990	83,98	67,28	86,23	39,17	69,17	144,74	81,63	157,06
1991	89,29	55,73	104,20	30,35	69,89	214,64	94,93	251,98
1992	81,69	36,46	91,60	31,88	60,41	275,04	78,28	330,27
1993	116,63	67,87	81,16	22,15	71,95	346,99	68,82	399,08
1994	96,94	41,71	110,99	48,14	74,45	421,44	95,85	494,93
1995	61,88	28,54	113,08	23,04	56,64	478,08	97,74	592,68
1996	33,04	23,50	60,86	33,74	37,79	515,86	60,94	653,62
1997	76,13	40,01	66,78	28,94	52,96	568,83	64,94	718,56
1998	90,11	47,28	78,78	16,60	58,19	627,02	66,68	785,23
1999	126,15	59,53	81,15	26,19	73,26	700,28	70,93	856,16
2000	112,03	110,67	118,85	30,84	93,10	793,37	101,46	957,62
2001	107,78	44,93	103,22	31,79	71,93	865,30	88,81	1046,43
2002	109,55	45,18	90,12	28,87	68,43	933,73	76,93	1123,36
2003	66,40	44,39	77,44	32,40	55,16	988,89	65,45	1188,81
2004	86,06	57,31	87,91	29,38	65,16	1054,05	74,93	1263,74
2005	147,40	53,20	104,29	44,90	87,45	1141,50	89,78	1353,52
2006	201,94	72,15	89,63	45,10	102,21	1243,71	76,49	1430,01
2007	170,19	63,08	88,02	40,20	90,37	1334,08	75,03	1505,03
2008	273,63	84,01	98,57	39,27	123,87	1457,95	84,58	1589,62
2009	167,28	65,33	132,17	33,21	99,49	1557,44	115,03	1704,64
2010	151,88	55,87	89,02	29,33	81,53	1638,97	75,93	1780,57
2011	211,81	89,63	74,43	24,48	100,09	1739,06	62,73	1843,29
2012	126,15	79,12	128,32	47,22	95,20	1834,26	111,55	1954,84
2013	112,03	52,98	1318,50	41,48	381,25	2215,50	91,37	2001,40



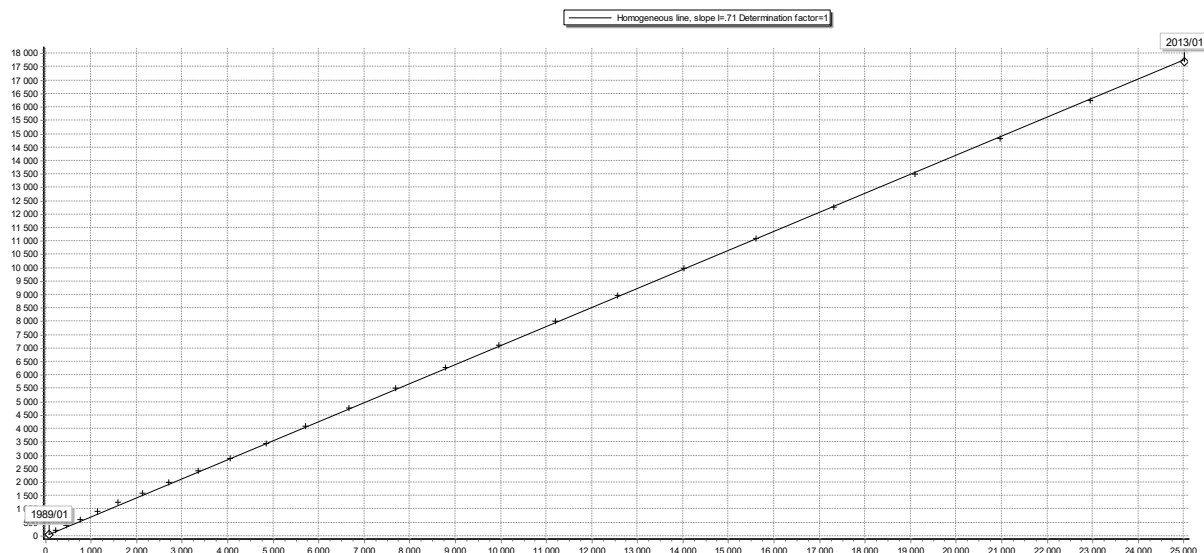
Estación Gonzanamá

Años	Argelia	Malacatos	Cajanuma	Catamayo	Precipitación media	Precipitación acumulada estaciones	Gonzanamá	Precipitación acumulada Gonzanamá
1989	75,43	66,66	96,38	37,97	69,11	69,11	82,50	82,50
1990	81,63	67,28	86,23	39,17	68,58	137,69	83,98	166,48
1991	94,93	55,73	104,20	30,35	71,30	208,99	89,29	255,78
1992	78,28	36,46	91,60	31,88	59,56	268,54	90,00	345,78
1993	68,82	67,87	81,16	22,15	60,00	328,54	116,63	462,40
1994	95,85	41,71	110,99	48,14	74,17	402,71	120,50	582,90
1995	97,74	28,54	113,08	23,04	65,60	468,32	123,50	706,40
1996	60,94	23,50	60,86	33,74	44,76	513,08	125,90	832,30
1997	64,94	40,01	66,78	28,94	50,17	563,24	126,10	958,40
1998	66,68	47,28	78,78	16,60	52,33	615,58	90,11	1048,51
1999	70,93	59,53	81,15	26,19	59,45	675,03	126,15	1174,66
2000	101,46	110,67	118,85	30,84	90,45	765,48	112,03	1286,68
2001	88,81	44,93	103,22	31,79	67,19	832,67	107,78	1394,47
2002	76,93	45,18	90,12	28,87	60,27	892,94	109,55	1504,02
2003	65,45	44,39	77,44	32,40	54,92	947,86	66,40	1570,42
2004	74,93	57,31	87,91	29,38	62,38	1010,25	86,06	1656,48
2005	89,78	53,20	104,29	44,90	73,04	1083,29	147,40	1803,88
2006	76,49	72,15	89,63	45,10	70,84	1154,13	201,94	2005,82
2007	75,03	63,08	88,02	40,20	66,58	1220,71	170,19	2176,01
2008	84,58	84,01	98,57	39,27	76,61	1297,32	273,63	2449,64
2009	115,03	65,33	132,17	33,21	86,43	1383,75	167,28	2616,92
2010	75,93	55,87	89,02	29,33	62,54	1446,29	151,88	2768,80
2011	62,73	89,63	74,43	24,48	62,82	1509,10	211,81	2980,61
2012	111,55	79,12	128,32	47,22	91,55	1600,65	126,15	3106,76
2013	91,37	52,98	1318,50	41,48	376,08	1634,20	112,03	3218,78



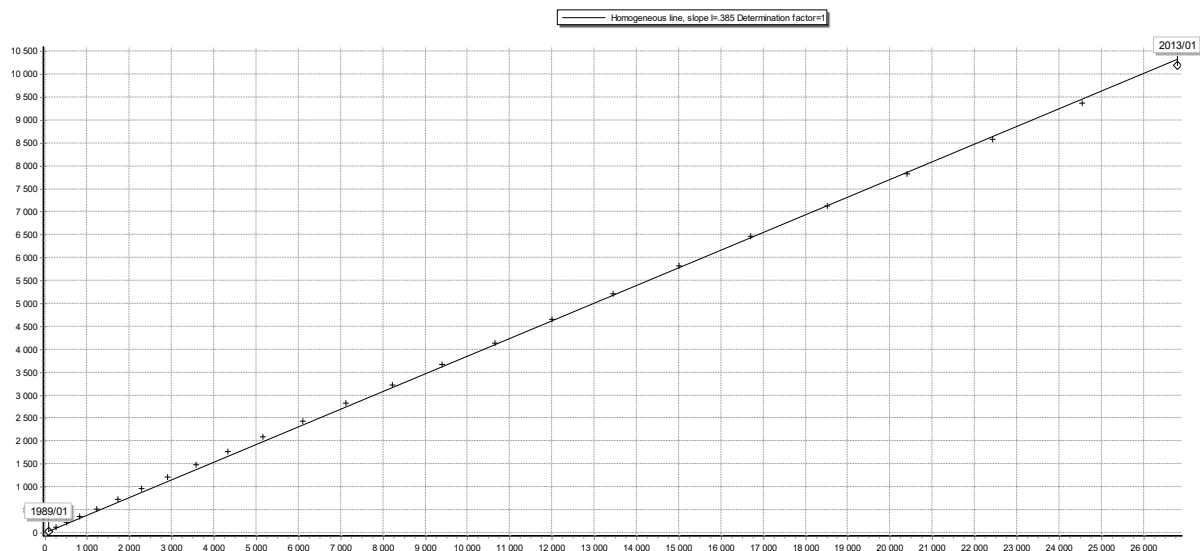
Estación Malacatos

Años	Gonzanamá	Argelia	Cajanuma	Catamayo	Precipitación media	Precipitación acumulada estaciones	Malacatos	Precipitación acumulada Malacatos
1989	101.30	75.43	96.38	37.97	77.77	77.77	66.66	66.66
1990	83.98	81.63	86.23	39.17	72.75	150.52	67.28	133.94
1991	89.29	94.93	104.20	30.35	79.69	230.21	55.73	189.68
1992	81.69	78.28	91.60	31.88	70.86	301.08	36.46	226.13
1993	116.63	68.82	81.16	22.15	72.19	373.26	67.87	294.00
1994	96.94	95.85	110.99	48.14	87.98	461.25	41.71	335.71
1995	61.88	97.74	113.08	23.04	73.94	535.18	28.54	364.25
1996	33.04	60.94	60.86	33.74	47.15	582.33	23.50	387.75
1997	76.13	64.94	66.78	28.94	59.20	641.53	40.01	427.76
1998	90.11	66.68	78.78	16.60	63.04	704.57	47.28	475.03
1999	126.15	70.93	81.15	26.19	76.10	780.67	59.53	534.57
2000	112.03	101.46	118.85	30.84	90.79	871.47	110.67	645.23
2001	107.78	88.81	103.22	31.79	82.90	954.37	44.93	690.17
2002	109.55	76.93	90.12	28.87	76.37	1030.73	45.18	735.34
2003	66.40	65.45	77.44	32.40	60.42	1091.16	44.39	779.73
2004	86.06	74.93	87.91	29.38	69.57	1160.73	57.31	837.04
2005	147.40	89.78	104.29	44.90	96.59	1257.32	53.20	890.24
2006	201.94	76.49	89.63	53.45	105.38	1362.70	72.15	962.39
2007	170.19	75.03	88.02	55.75	97.25	1459.94	63.08	1025.48
2008	273.63	84.58	98.57	39.27	124.01	1583.96	84.01	1109.48
2009	167.28	115.03	132.17	33.21	111.92	1695.88	65.33	1174.81
2010	151.88	75.93	89.02	29.33	86.54	1782.41	55.87	1230.68
2011	211.81	62.73	74.43	24.48	93.36	1875.78	89.63	1320.31
2012	126.15	111.55	128.32	47.22	103.31	1979.09	79.12	1399.43
2013	112.03	91.37	109.88	41.48	88.69	2067.77	52.98	1452.40



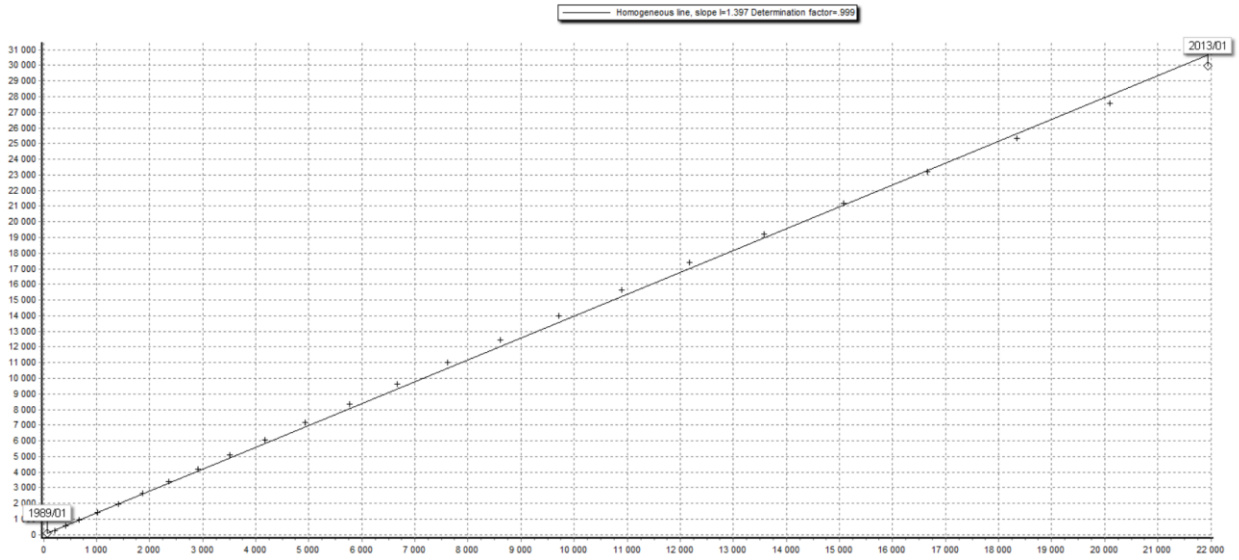
Estación La Toma – Catamayo

Años	Argelia	Gonzanamá	Malacatos	Cajanuma	Precipitación media	Precipitación acumulada estaciones	Catamayo	Precipitación acumulada Catamayo
1989	75.43	101.30	66.66	96.38	84.94	84.94	37.97	37.97
1990	81.63	83.98	67.28	86.23	79.78	164.72	39.17	77.13
1991	94.93	89.29	55.73	104.20	86.04	250.76	30.35	107.48
1992	78.28	81.69	36.46	91.60	72.01	322.77	31.88	139.37
1993	68.82	116.63	67.87	81.16	83.62	406.39	22.15	161.52
1994	95.85	96.94	41.71	110.99	86.37	492.76	48.14	209.66
1995	97.74	61.88	28.54	113.08	75.31	568.07	23.04	232.70
1996	60.94	33.04	23.50	60.86	44.59	612.66	33.74	245.78
1997	64.94	76.13	40.01	66.78	61.96	674.62	28.94	274.72
1998	66.68	90.11	47.28	78.78	70.71	745.33	16.60	291.32
1999	70.93	126.15	59.53	81.15	84.44	829.77	26.19	317.51
2000	101.46	112.03	110.67	118.85	110.75	940.52	30.84	348.36
2001	88.81	107.78	44.93	103.22	86.19	1026.71	31.79	380.15
2002	76.93	109.55	45.18	90.12	80.44	1107.15	28.87	409.01
2003	65.45	66.40	44.39	77.44	63.42	1170.57	32.40	441.41
2004	74.93	86.06	57.31	87.91	76.55	1247.12	29.38	470.80
2005	89.78	147.40	53.20	104.29	98.67	1345.79	44.90	515.70
2006	76.49	201.94	72.15	89.63	110.05	1455.84	45.10	560.80
2007	75.03	170.19	63.08	88.02	99.08	1554.92	40.20	601.00
2008	84.58	273.63	84.01	98.57	135.20	1690.12	39.27	640.26
2009	115.03	167.28	65.33	132.17	119.95	1810.07	33.21	673.47
2010	75.93	151.88	55.87	89.02	93.17	1903.24	29.33	702.81
2011	62.73	211.81	89.63	74.43	109.65	2012.89	24.48	743.00
2012	111.55	126.15	79.12	128.32	111.28	2124.18	47.22	790.22
2013	91.37	112.03	52.98	1318.50	393.72	2256.40	41.48	831.70



Estación Cajanuma

No Anuales	Años	Argelia	Gonzanamá	Malacatos	Catamayo	Precipitación Media	Precipitación Acumulada Estaciones	Estación Analizada Cajanuma
1	1989	75.43	101.30	66.66	37.97	70.34	70.34	96.38
2	1990	81.63	83.98	67.28	39.17	68.02	138.35	86.23
3	1991	94.93	89.29	55.73	30.35	67.58	205.93	104.20
4	1992	78.28	81.69	36.46	31.88	57.08	263.01	91.60
5	1993	68.82	116.63	67.87	22.15	68.86	331.87	81.16
6	1994	95.85	96.94	41.71	48.14	70.66	402.53	110.99
7	1995	97.74	61.88	28.54	23.04	52.80	455.34	113.08
8	1996	60.94	33.04	23.50	33.74	37.81	493.14	60.86
9	1997	64.94	76.13	40.01	28.94	52.51	545.65	66.78
10	1998	66.68	90.11	47.28	16.60	55.16	600.81	78.78
11	1999	70.93	126.15	59.53	26.19	70.70	671.51	81.15
12	2000	101.46	112.03	110.67	30.84	88.75	760.26	118.85
13	2001	88.81	107.78	44.93	31.79	68.33	828.59	103.22
14	2002	76.93	109.55	45.18	28.87	65.13	893.72	90.12
15	2003	65.45	66.40	44.39	32.40	52.16	945.88	77.44
16	2004	74.93	86.06	57.31	29.38	61.92	1007.80	87.91
17	2005	89.78	147.40	53.20	44.90	83.82	1091.62	104.29
18	2006	76.49	201.94	72.15	53.45	101.01	1192.63	89.63
19	2007	75.03	170.19	63.08	55.75	91.01	1283.64	88.02
20	2008	84.58	273.63	84.01	39.27	120.37	1404.01	98.57
21	2009	115.03	167.28	65.33	33.21	95.21	1499.22	132.17
22	2010	75.93	151.88	55.87	29.33	78.25	1577.48	89.02
23	2011	62.73	211.81	89.63	24.48	97.16	1674.64	74.43
24	2012	111.55	126.15	79.12	47.22	91.01	1765.65	128.32
25	2013	91.37	112.03	52.98	41.48	74.46	1840.11	109.88

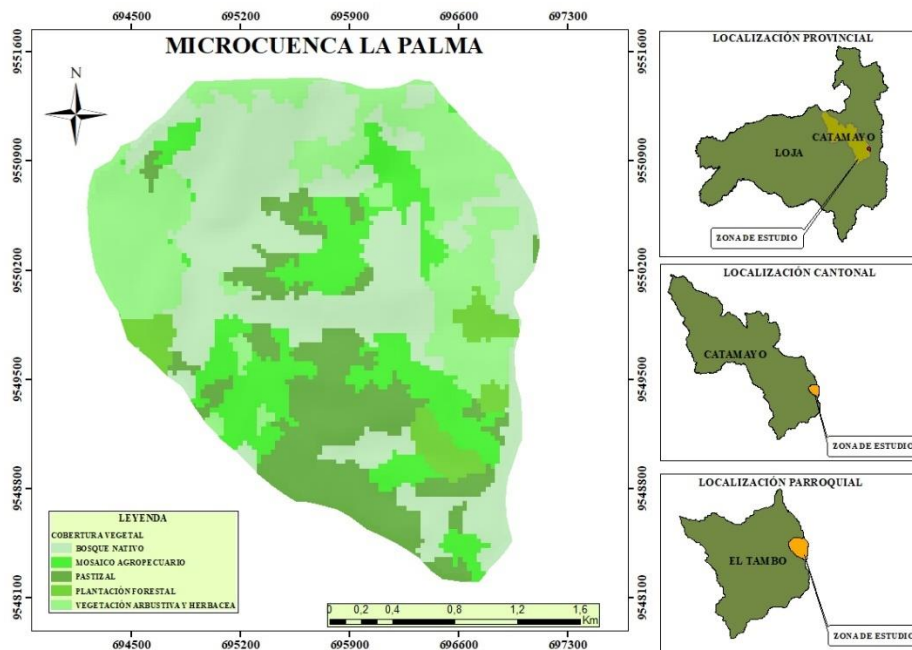


Anexo 4. Estadística de precipitación media para la microcuenca La Palma mediante el Método U.S.National Weather Service.

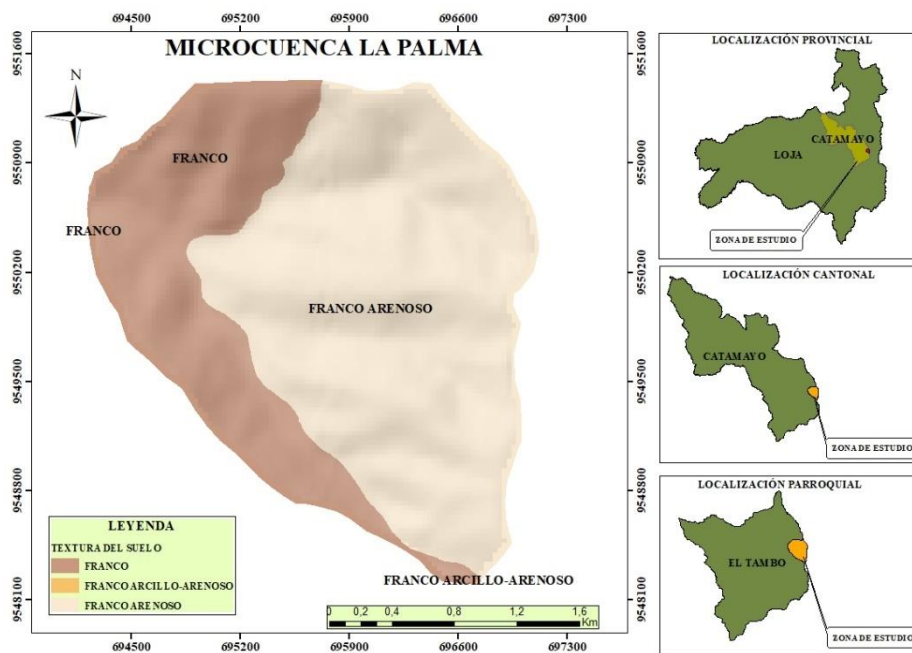
Año	Ene	Feb	Mar	Arb	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Suma
1989	133.7	162.9	128.4	127.9	69.1	30.7	72.3	46.2	40.1	85.0	74.5	65.4	1036.1
1990	157.5	161.4	196.1	59.2	64.4	46.9	36.7	33.7	61.6	128.2	21.9	23.3	990.9
1991	128.4	180.1	153.4	125.0	80.9	71.8	34.0	25.9	26.9	106.8	112.6	118.2	1164.1
1992	118.7	158.1	208.4	65.3	75.1	66.5	41.7	64.1	35.8	63.9	28.3	73.0	999.0
1993	89.3	137.8	107.6	104.3	62.0	50.5	52.8	18.5	43.6	54.5	107.3	72.0	900.1
1994	94.6	115.1	326.0	100.8	27.4	52.6	64.9	32.5	48.9	96.4	52.8	204.9	1216.9
1995	215.9	85.4	290.8	127.0	57.6	56.1	83.5	71.7	39.8	34.5	48.6	109.9	1220.6
1996	56.2	105.9	94.3	50.0	78.0	7.3	30.2	12.9	19.0	32.8	98.6	117.8	702.9
1997	105.1	156.2	145.5	97.7	36.9	39.2	28.7	28.7	23.7	48.9	23.2	37.0	771.0
1998	73.1	118.2	110.1	76.7	49.8	23.4	52.6	38.1	45.2	68.4	77.9	127.7	861.3
1999	48.9	113.4	149.8	92.5	58.2	78.0	55.7	35.2	24.9	109.9	85.4	56.7	908.5
2000	131.6	317.9	146.7	99.1	125.3	62.0	68.5	52.2	84.1	40.9	37.1	151.5	1316.9
2001	159.2	184.4	201.5	111.4	86.1	89.3	39.8	52.9	70.4	37.6	30.9	66.8	1130.3
2002	88.8	123.9	76.0	81.6	67.1	89.2	83.3	54.7	45.4	39.3	133.1	106.6	989.0
2003	106.1	106.0	63.9	135.1	71.2	42.3	65.7	9.0	21.7	76.8	75.9	74.5	848.2
2004	85.2	120.1	191.8	79.3	96.9	56.5	37.7	10.5	29.6	80.4	65.9	113.1	967.0
2005	52.6	127.3	194.1	206.3	53.2	88.1	49.9	15.1	29.6	132.4	101.2	105.1	1155.0
2006	53.8	145.8	192.8	170.5	38.2	83.6	19.5	16.4	21.2	91.0	72.1	110.3	1015.3
2007	143.4	96.9	199.6	98.2	43.1	81.3	36.8	16.8	26.5	45.1	104.8	98.4	991.1
2008	59.2	83.1	111.8	114.7	85.8	123.0	14.5	154.4	59.0	66.5	160.1	88.2	1120.1
2009	73.8	262.5	252.0	148.2	80.6	54.3	91.8	91.8	23.8	140.1	105.9	132.0	1457.1
2010	137.2	100.4	143.2	101.0	52.3	35.1	60.4	64.9	58.8	74.5	33.1	126.3	987.1
2011	68.7	128.6	55.6	87.8	74.6	82.3	34.6	49.5	65.3	43.2	69.4	90.3	849.9
2012	70.8	218.4	143.1	164.8	91.8	59.3	103.0	57.4	93.3	86.7	160.9	171.1	1420.6
2013	153.1	213.1	72.8	107.1	86.8	84.4	23.9	37.9	29.0	118.9	153.6	113.6	1194.1
Media	104.2	148.9	158.2	109.3	68.5	62.2	51.3	43.6	42.7	76.1	81.4	102.2	1048.5
Min	48.9	83.1	55.6	50.0	27.4	7.3	14.5	9.0	19.0	32.8	21.9	23.3	392.9
Max	215.9	317.9	326.0	206.3	125.3	123.0	103.0	154.4	93.3	140.1	160.9	204.9	2171.2
Desv est	42.6	56.3	68.3	36.1	21.8	25.6	23.4	31.5	20.5	32.9	42.3	40.2	441.4

Anexo 5. Número de curva para la microcuenca La Palma

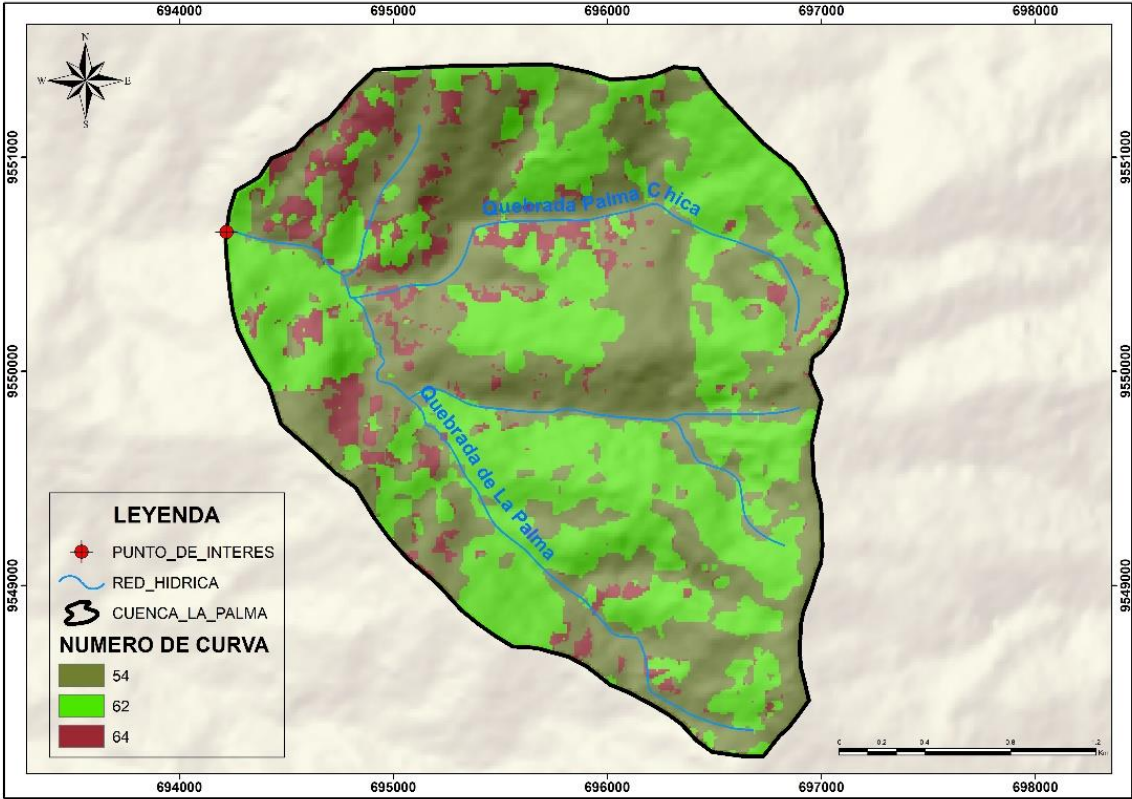
Mapa de cobertura vegetal



Mapa de suelos



Número de curva para la microcuenca La Palma



Numero de curva tabulado

NUMERO DE CURVA	
NC MAXIMO	64,00
NC MINIMO	54,00
NC MEDIO	58,43

Anexo 6. Estadística de caudales medios mensuales generados para la microcuenca La Palma mediante el método del número de curva

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1989	37.88	55.89	37.95	37.76	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	60.74	54.6
1990	53.73	61.67	87.14	67.72	67.72	67.72	67.72	67.72	67.72	67.72	67.72	67.72	67.7
1991	43.21	77.86	48.81	43.18	66.16	66.16	66.16	66.16	66.16	66.16	66.16	66.16	61.9
1992	39.98	52.32	95.38	60.95	60.95	60.95	60.95	60.95	60.95	60.95	60.95	60.95	61.4
1993	36.53	14.77	23.45	21.42	36.53	36.53	36.53	36.53	36.53	36.53	36.53	36.53	32.4
1994	65.10	43.51	297.91	53.36	65.55	65.55	65.55	65.55	65.55	65.55	65.55	42.55	80.1
1995	123.18	76.26	238.84	53.25	76.26	76.26	76.26	76.26	76.26	76.26	76.26	76.26	91.8
1996	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.01	23.0
1997	36.21	38.72	28.04	39.53	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	48.75	44.4
1998	26.50	14.75	11.39	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	26.50	24.3
1999	30.35	30.35	7.37	27.33	30.35	30.35	30.35	30.35	30.35	30.35	30.35	30.35	28.2
2000	54.08	311.21	56.77	66.52	54.11	77.07	77.07	77.07	77.07	77.07	77.07	77.07	90.2
2001	62.85	92.15	101.65	56.27	75.79	75.79	75.79	75.79	75.79	75.79	75.79	75.79	76.6
2002	29.63	6.96	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	29.63	27.7
2003	16.86	11.90	30.28	16.24	30.28	30.28	30.28	30.28	30.28	30.28	30.28	30.28	26.5
2004	45.08	24.32	59.71	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	45.08	44.6
2005	59.71	59.71	75.26	99.09	59.71	59.71	59.71	59.71	59.71	59.71	59.71	59.71	64.3
2006	58.95	40.93	74.70	57.90	58.95	58.95	58.95	58.95	58.95	58.95	58.95	58.95	58.7
2007	32.29	41.43	76.61	43.34	53.06	53.06	53.06	53.06	53.06	53.06	53.06	53.06	51.5
2008	29.69	29.69	29.69	28.32	29.69	6.98	29.69	29.69	29.69	29.69	29.69	29.69	27.7
2009	83.45	180.60	182.00	66.42	83.45	83.45	83.45	83.45	83.45	83.45	83.45	67.00	97.0
2010	23.04	30.81	24.01	33.07	45.43	45.43	45.43	45.43	45.43	45.43	45.43	45.43	39.5
2011	25.85	9.33	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	25.85	24.5
2012	81.71	110.52	60.28	75.80	80.72	81.71	81.71	81.71	81.71	81.71	68.27	74.71	80.0
2013	42.20	111.77	58.77	58.77	58.77	58.77	58.77	58.77	58.77	58.77	48.81	42.42	59.6
Medio	46.4	62.0	71.4	46.3	51.7	51.8	52.7	52.7	52.7	52.7	51.7	50.2	53.5

Anexo 7. Estadística de precipitaciones máximas en 24 horas para el cálculo de crecidas máximas mediante el método de Gumbel.

ESTACIONES	La Argelia (M033)	Catamayo (M060)	Malacatos (M143)	Gonzanamá (M149)
Altitud(msnm)	2165	1230	1453	2042
1964	34.5	23.6	46.3	19.2
1965	17.2	30.3	28	42.6
1966	26.4	23.4	31.4	53.1
1967	50.2	55.7	36.2	50.8
1968	55	41.4	33.2	76.2
1969	54	42.3	65	65.3
1970	37.2	17.3	42	47.2
1971	23.5	32.6	40.7	101.2
1972	47.7	50.8	60.6	32.7
1973	37.3	31	49.5	50.1
1974	34.2	41.3	33.5	47
1975	28.9	57.5	36.9	60.7
1976	59.4	33.4	41.2	51
1977	39.9	24.2	47.8	51.6
1978	63.9	65.3	40.8	70
1979	31.7	44	60.2	45
1980	50	57.5	54	52.3
1981	39.6	34.2	105	52.8
1982	48.2	28	46	91
1983	49.2	25	48.2	62.9
1984	65.4	26.3	59.1	77.9
1985	36.6	24.2	41.1	50.5
1986	36.2	41.4	32.8	45.5
1987	50.9	19.4	46.5	19.8
1988	35.1	33.6	39.1	41.7
1989	45.9	61.8	56.6	53.1
1990	27.7	36.7	39.3	50.8
1991	59.2	34.7	53.5	76.2
1992	29.1	33.9	24.1	61.8
1993	59.7	41.3	28.3	67
1994	53.2	37.7	24	80.2
1995	26.6	83.8	24.6	52.6
1996	45.1	57.7	26.1	76
1997	45.3	22.8	27.9	72.6
1998	38.7	36.7	32.7	65.7
1999	34.8	22.4	34.9	67.3
2000	46.1	24.7	45	58.4
2001	56.6	42.5	47.1	87
2002	31.7	29.5	41.2	90.5
2003	38.4	47.3	43.4	41.8

2004	48.6	33.8	45	58.2
2005	36.2	28.7	59	88.5
2006	42.6	35.6	48	121.2
2007	38.1	99.9	52	81.4
2008	41.8	32.9	52.7	151.1
2009	56.6	36.9	75.3	160.3
2010	31.1	37.1	59.1	73.1
2011	35.7	34.3	40.2	85.4
2012	36.2	35.1	42.8	77.8
ΣX	2057.2	1891.5	2187.9	3256.1
Media	42.0	38.6	44.7	66.5
Desvest	11.20	15.91	14.53	27.11
Nº datos	49.0	49.0	49.0	49.0
μy	0.5481	0.5481	0.5481	0.5481
σy	1.1589	1.1589	1.1589	1.1589
α	9.67	13.72	12.54	23.39
μ	36.69	31.08	37.78	53.63
Tr= 25 años	67.6	75.0	77.9	128.5
Tr= 50 años	74.4	84.6	86.7	144.9
Tr= 100 años	81.2	94.2	95.5	161.2

Anexo 8. Estadística de precipitaciones máximas en 24 horas para el cálculo de crecidas máximas mediante el uso del software Hydrognomon

ESTACIONES	La Argelia (M033)	Catamayo (M060)	Malacatos (M143)	Gonzanamá (M149)
Altitud(msnm)	2165	1230	1453	2042
1964	34.5	23.6	46.3	19.2
1965	17.2	30.3	28	42.6
1966	26.4	23.4	31.4	53.1
1967	50.2	55.7	36.2	50.8
1968	55	41.4	33.2	76.2
1969	54	42.3	65	65.3
1970	37.2	17.3	42	47.2
1971	23.5	32.6	40.7	101.2
1972	47.7	50.8	60.6	32.7
1973	37.3	31	49.5	50.1
1974	34.2	41.3	33.5	47
1975	28.9	57.5	36.9	60.7
1976	59.4	33.4	41.2	51
1977	39.9	24.2	47.8	51.6
1978	63.9	65.3	40.8	70
1979	31.7	44	60.2	45
1980	50	57.5	54	52.3
1981	39.6	34.2	105	52.8
1982	48.2	28	46	91
1983	49.2	25	48.2	62.9
1984	65.4	26.3	59.1	77.9
1985	36.6	24.2	41.1	50.5
1986	36.2	41.4	32.8	45.5
1987	50.9	19.4	46.5	19.8
1988	35.1	33.6	39.1	41.7
1989	45.9	61.8	56.6	53.1
1990	27.7	36.7	39.3	50.8
1991	59.2	34.7	53.5	76.2
1992	29.1	33.9	24.1	61.8
1993	59.7	41.3	28.3	67
1994	53.2	37.7	24	80.2
1995	26.6	83.8	24.6	52.6
1996	45.1	57.7	26.1	76
1997	45.3	22.8	27.9	72.6
1998	38.7	36.7	32.7	65.7
1999	34.8	22.4	34.9	67.3
2000	46.1	24.7	45	58.4
2001	56.6	42.5	47.1	87
2002	31.7	29.5	41.2	90.5
2003	38.4	47.3	43.4	41.8

2004	48.6	33.8	45	58.2
2005	36.2	28.7	59	88.5
2006	42.6	35.6	48	121.2
2007	38.1	99.9	52	81.4
2008	41.8	32.9	52.7	151.1
2009	56.6	36.9	75.3	160.3
2010	31.1	37.1	59.1	73.1
2011	35.7	34.3	40.2	85.4
2012	36.2	35.1	42.8	77.8
Tr= 25 años	63.5	71.4	73.0	122.3
Tr= 50 años	68.1	80.5	79.3	137.7
Tr= 100 años	72.3	89.7	85.2	153.3

Anexo 9. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para las estaciones meteorológicas

Estación La Argelia

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.22%	0.09527
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	78.41%	0.0933
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.20%	0.07694
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.65%	0.08519
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	27.85%	0.14145
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	36.48%	0.13124
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.80%	0.06371
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	86.78%	0.08505
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	73.58%	0.09759
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	76.54%	0.09499

Estación Catamayo

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	14.56%	0.2
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.1	0.165
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	82.31%	0.08963
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.9	0.08206
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	44.08%	0.12348
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	40.03%	0.1
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	54.20%	0.11419
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	56.52%	0.11216
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.9	0.1
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	0.75	0.10

Estación Malacatos

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	66.66%	0.10351
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	74.58%	0.09672
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	92.83%	0.0775
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	77.16%	0.09443
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	28.24%	0.14095
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	21.11%	0.15115
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	98.19%	0.06619
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	50.88%	0.11714
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.79%	0.08031
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.04%	0.07999

Estación Gonzanamá

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	60.40%	0.10883
Normal (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	43.68%	0.12387
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.47%	0.08071
Galton	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	90.59%	0.08057
Exponential	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	61.93%	0.10753
Exponential (L-Moments)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	45.51%	0.12211
Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.87%	0.09908
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	71.49%	0.0994
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	68.77%	0.10172
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	88.06%	0.08362

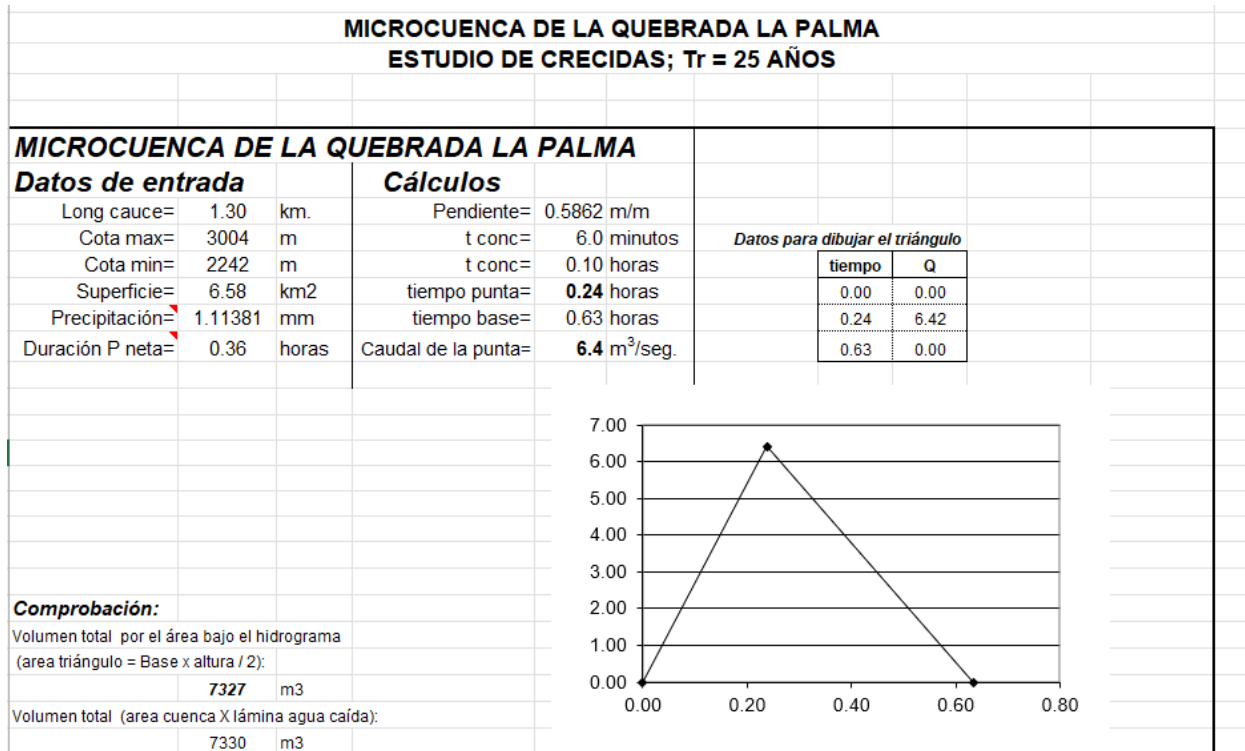
Anexo 10. Caudal de máxima crecida método de V.T. Chow

Crecida para un TR= 25 años		Crecida para un TR= 50 años		Crecida para un TR= 100 años	
Tc (horas)	0.36	Tc (horas)	0.36	Tc (horas)	0.36
Tc (minutos)	21.3	Tc (minutos)	21.3	Tc (minutos)	21.3
Pmax 24 H Tr = 25 Años	68.5	Pmax 24 H Tr = 50 Años	75.0	Pmax 24 H Tr = 100 Años	81.3
Dur. Lluvia (horas)	0.36	Dur. Lluvia (horas)	0.36	Dur. Lluvia (horas)	0.36
Int. Max Inamhi (mm/h)	63.3	Int. Max Inamhi (mm/h)	69.3	Int. Max Inamhi (mm/h)	75.1
Lluvia de Diseño (cm)	2.25	Lluvia de Diseño (cm)	2.46	Lluvia de Diseño (cm)	2.67
Nº Escurrimiento N	58.4	Nº Escurrimiento N	58.4	Nº Escurrimiento N	58.4
Pe (cm)	0.111	Pe (cm)	0.08	Pe (cm)	0.05
Tp (horas)	0.231	Tp (horas)	0.231	Tp (horas)	0.231
d/Tp	1.542	d/Tp	1.542	d/Tp	1.542
X (cm/h)	0.313	X (cm/h)	0.220	X (cm/h)	0.146
Y	2.78	Y	2.78	Y	2.78
Z	0.858	Z	0.858	Z	0.858
Q max (m³/seg)	4.915	Q max (m³/seg)	3.454	Q max (m³/seg)	2.291

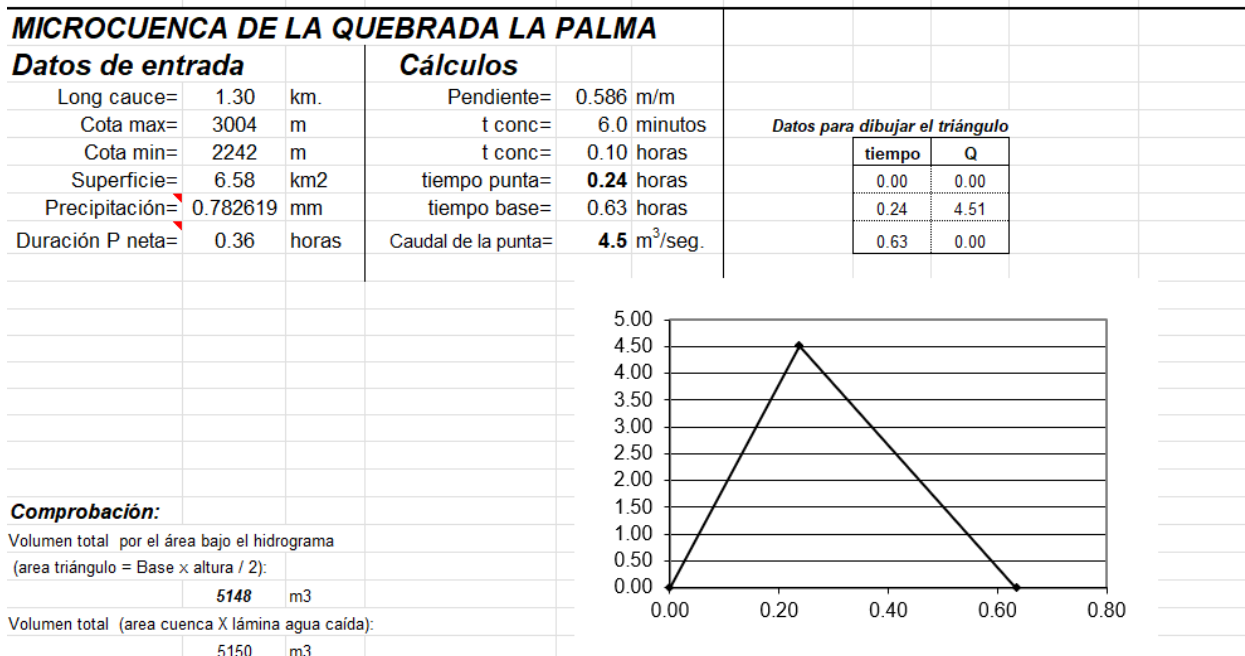
Anexo 11. Caudal de máxima crecida método de método del Hidrograma Sintético de Snyder.

Crecida para un TR = 25 años		Crecida para un TR = 50 años		Crecida para un TR = 100 años	
L (Km)	1.30	L (Km)	1.30	L (Km)	1.30
Lc (Km)	3.50	Lc (Km)	3.50	Lc (Km)	3.50
Ct	1.45	Ct	1.45	Ct	1.45
tp (horas)	2.28	tp (horas)	2.28	tp (horas)	2.28
tr (horas)	0.42	tr (horas)	0.42	tr (horas)	0.42
tpr (horas)	2.27	tpr (horas)	2.27	tpr (horas)	2.27
Area (Km ²)	6.58	Area (Km ²)	6.58	Area (Km ²)	6.58
Cp	0.60	Cp	0.60	Cp	0.60
qp (m ³ /s/pul)	12.18	qp (m ³ /s/pul)	12.18	qp (m ³ /s/pul)	12.18
Pmax 24 horas (mm)	68.5	Pmax 24 horas (mm)	75.0	Pmax 24 horas (mm)	81.3
Dur. Lluvia (horas)	0.36	Dur. Lluvia (horas)	0.36	Dur. Lluvia (horas)	0.36
Int.Max Inamhi (mm/h) Tr 25 años	63.3	Int.Max Inamhi (mm/h) Tr 50 años	69.3	Int.Max Inamhi (mm/h) Tr 100 años	75.1
Lluvia Diseño (mm)	22.5	Lluvia Diseño (mm)	24.6	Lluvia Diseño (mm)	26.7
Qmax (m³/s)	10.79	Qmax (m³/s)	11.81	Qmax (m³/s)	12.81

Anexo 12. Caudal de máxima crecida método diagrama triangular



ESTUDIO DE CRECIDAS; Tr = 50 AÑOS



MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA PALMA
ESTUDIO DE CRECIDAS; Tr = 100 AÑOS

MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LA PALMA

Datos de entrada

Long cauce=	1.30	km.
Cota max=	3004	m
Cota min=	2242	m
Superficie=	6.58	km2
Precipitación=	0.519188	mm
Duración P neta=	0.36	horas

Cálculos

Pendiente=	0.586	m/m
t conc=	6.0	minutos
t conc=	0.10	horas
tiempo punta=	0.24	horas
tiempo base=	0.63	horas
Caudal de la punta=	3.0	m ³ /seg.

Datos para dibujar el triángulo

tiempo	Q
0.00	0.00
0.24	2.99
0.63	0.00

Comprobación:

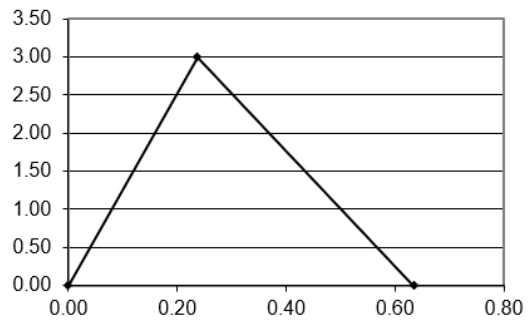
Volumen total por el área bajo el hidrograma

(area triángulo = Base x altura / 2):

3415 m3

Volumen total (area cuenca X lámina agua caída):

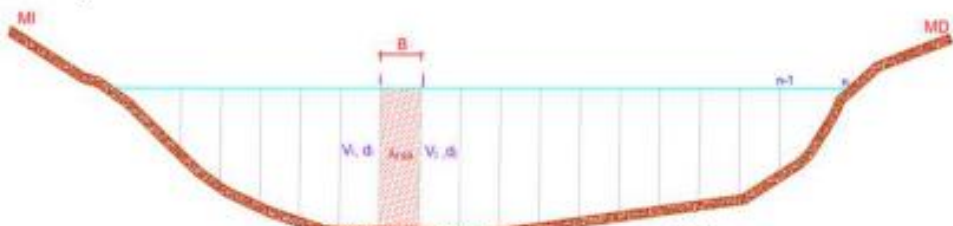

3417 m3



Anexo 13. Valores de IDF, para diferentes periodos de retorno

Duración	TR=25	Duración	TR=50	Duración	TR=100
5	120.65	5	132.09	5	143.23
10	88.51	10	96.90	10	105.07
15	73.83	15	80.84	15	87.65
20	64.92	20	71.08	20	77.08
25	58.76	25	64.33	25	69.76
30	54.16	30	59.30	30	64.30
35	50.56	35	55.35	35	60.02
40	47.63	40	52.14	40	56.54
45	45.18	45	49.47	45	53.64
60	35.68	60	39.07	60	42.36
120	20.52	120	22.47	120	24.36
240	11.80	240	12.92	240	14.01
480	6.79	480	7.43	480	8.06
720	4.91	720	5.38	720	5.83
1080	3.55	1080	3.89	1080	4.22
1440	2.83	1440	3.09	1440	3.35

Anexo 14. Aforo de caudales de la quebrada La Palma por método del molinete hidráulico

		FICHA DE CAMPO DE AFORO									
		Proyecto: Diseño hidráulico de obra de captación para la Junta La Pucarea - El Tambo		Fase: 001							
		Estación ID:		Fecha: 19 de septiembre de 2025							
Cliente: Junta La Pucarea - El Tambo		Época: Verano		Tiempo: 1 hora							
Realizado: Jorge Jaramillo y Luis Torres		Datum: WGS84		Hora inicio: 10h00							
Revisado:		Zona: Norte (m): 9550651.39 Este (m): 694219.77		Altitud (msnm):							
DATOS DE AFORO		MÉTODO: AREA VELOCIDAD									
		Distancia desde margen: Derecho									
		Punto	Distancia desde margen (m)	Profundidad de agua (m)	Velocidad vertical (m/s)			Velocidad media (m/s)		Área (m ²)	Caudal (l/s)
					0.20%	0.60%	0.80%	Vertical	Sección		
		1	0.00	0.10	-	0.01	-	0.01			
		2	0.50	0.16	-	0.50	-	0.50	0.26	0.07	16.58
		3	1.00	0.20	-	0.55	-	0.55	0.53	0.09	47.25
		4	1.50	0.13	-	0.45	-	0.45	0.50	0.08	41.25
5	2.00	0.10	-	0.32	-	0.32	0.39	0.06	22.14		
6	2.10	0.05	-	0.15	-	0.15	0.24	0.01	1.76		
	L Total	H Prom						V Prom	A Total	Q Total	
	2.10	0.12						0.38	0.30	128.98	
VISTA FOTOGRAFICA		 <p>Donde: V_i, V_j: Promedio de las velocidades en cada línea de medición i y j. d_i, d_j: Profundidades de las líneas de medición. B: Ancho entre las líneas de medición $i - j$. q_{i-j}: Caudal parcial en el tramo $i - j$.</p> $q_{i-j} = \frac{V_i + V_j}{2} \times \frac{d_i + d_j}{2} \times B$									
											
OBSERVACIONES											

Anexo 15. Aforo de caudales de la quebrada La Palma por método del flotador.

Longitud (m)	Tiempo (s)	Velocidad (m/s)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Area (m2)	Caudal(l/s)	Promedio (l/s)
Medición 1	2.6	2.56	1.02	0.00	0.05	0	0.0000
Medición 2	2.6	2.55	1.02	0.50	0.16	0.08	81.5686
Medición 3	2.6	2.6	1.00	1.00	0.20	0.2	200.0000
Medición 4	2.6	2.7	0.96	1.50	0.13	0.195	187.7778
Medición 5	2.6	2.3	1.13	2.00	0.10	0.2	226.0870
Medición 6	2.6	2.27	1.15	2.10	0.05	0.105	120.2643
							135.95

Anexo 16. Registro fotográfico del aforo de caudales de la quebrada La Palma





Anexo 17. Registro fotográfico del levantamiento topográfico del sitio de captación



Anexo 18. Coordenadas del perfil tipo Creager

x (m) aguas arriba	y (m)	x (m) agua abajo	y (m)
-0,2776	0,1295	0,0514	0,002
-0,2673	0,1047	0,1028	0,0073
-0,257	0,0916	0,1542	0,0154
-0,2467	0,0811	0,2056	0,0262
-0,2365	0,0721	0,257	0,0396
-0,2262	0,0642	0,3084	0,0554
-0,2159	0,0572	0,3598	0,0737
-0,2056	0,0508	0,4112	0,0944
-0,1953	0,045	0,4626	0,1173
-0,1851	0,0397	0,514	0,1426
-0,1748	0,0349	0,5654	0,1701
-0,1645	0,0304	0,6169	0,1998
-0,1542	0,0264	0,6683	0,2317
-0,1439	0,0227	0,7197	0,2657
-0,1337	0,0193	0,7711	0,3019
-0,1234	0,0163	0,8225	0,3402
-0,1131	0,0135	0,8739	0,3806
-0,1028	0,011	0,9253	0,423
-0,0925	0,0088	0,9767	0,4675
-0,0822	0,0069	1,0281	0,514
-0,072	0,0052	1,0795	0,5626
-0,0617	0,0038	1,1309	0,6132
-0,0514	0,0026	1,1823	0,6657
-0,0411	0,0016	1,2337	0,7203
-0,0308	0,0008	1,2851	0,7768
-0,0206	0,0003	1,3365	0,8352
-0,0103	0,000	1,3879	0,8956
0	-0,0001	1,4393	0,9579
0	0,000	1,4907	1,0222
		1,5421	1,0883
		1,5935	1,1564
		1,6449	1,2264
		1,6963	1,2982
		1,7477	1,3719
		1,7992	1,4475
		1,8506	1,5249
		1,902	1,6042

1,9534	1,6854
2,0048	1,7683
2,0562	1,8531

Anexo 19. Línea base medio ambiental

a. Medio biofísico

• Clima

El clima del área de estudio es templado – frío con una temperatura promedio de 18 ° y precipitación media anual cercana a 900 mm. existe dos épocas bien marcadas de enero a mayo invierno con fuerte lluvias y de junio a noviembre verano con altas temperaturas (GAD – El Tambo, 2024).

• Suelo

En la zona de estudio predominan suelos ácidos y ligeramente ácidos, se asienta geológicamente sobre la Formación Chiguinda, un basamento metamórfico compuesto por filitas, cuarcitas y esquistos grafiticos con micas, lo que aporta sustrato duro, fracturado y con abundante material angular.

Predominan los Inceptisoles y en menor proporción los Entisoles los cuales son suelos jóvenes de evolución limitada que condicionan el movimiento de tierras y la revegetación. Por su parte, la textura se concentra en las clases franco – arcillo – limosas y texturas finas de carácter arcillo – arenosa combinación que retiene humedad y eleva la susceptibilidad a compactación y erosión de la superficie del suelo.

El pH se encuentra en un rango de 4,5 – 6,5 por lo cual la revegetación debe priorizar especies nativas tolerantes a acidez y el uso de enmienda que ayuden a mejorar le pH para acelerar el crecimiento de cobertura y control de erosión.

• Agua

La microcuenca La Palma pertenece al sistema de quebradas El Huaycu y al conjunto de microcuencas (Indiucho, San Agustín, El Huayco y Santo Domingo). Esta zona de recarga y abastecimiento hídrico pertenece a la subcuenca Catamayo y a la vertiente del pacífico (GAD – El Tambo, 2024).

b. Medio biótico

• Vegetación

La vegetación de la microcuenca La Palma es de 657,93 ha, en la cual predomina el bosque nativo con 244 ,99 ha y se encuentra en las laderas y ribera. Por su parte, el pastizal ocupa 195,77 ha y ubica en vertientes intermedias y claros antrópicos con mayor susceptibilidad. La vegetación arbustiva con 185,52 ha está ubicada y funciona como cinturón de transición en suelos poco profundos y pendientes marcadas que ayudan a controla la erosión y, la plantación forestal se encuentra en menor cantidad con 31,64 ha.

- **Vida silvestre**

En la parte alta, del sector corresponde a un bosque montano, un ambiente que ocupa el 17,06 % del área de estudio y concentra en la zona oriental, con un rango altitudinal entre 2200 y 2900 m s.n.m. así mismo, existen bosques densos, arbustos y pastizales, condiciones que sostienen corredores biológicos locales y resguardan procesos ecológicos. Esta parte del territorio enfrenta presiones por deforestación asociada a la expansión agropecuaria, incendios y deslizamiento en laderas degradadas, por lo que el manejo en esta área debe priorizarse continuidad de cobertura, reducción de focos de quema y estabilización de taludes para conservar el medio ambiente (GAD – El Tambo, 2024).

- **Fauna**

En los remanentes de bosque y matorral de altura se concentra la mayor diversidad faunística, con presencia de especies tolerantes a intervención y otras sensibles, se registran reptiles como la serpiente equis y lagartijas guagsas; en anfibios se reporta la rana cohete, la rana marsupial lojana, la rana terrestre labiosa, entre otras. Por su parte, en aves destacan soterrey cejon, colibrí Inca collarejo, perico frentiescarlata, gavián lomiblanco y perdiz. También se registran mamíferos como murciélago, zarigüeya común y ardilla, inventario que orienta medidas de conservación específica en la zona de influencia de la microcuenca La Palma (GAD – El Tambo, 2024).

- **Flora**

El patrimonio vegetal del sector que abastece a la microcuenca de captación incluye bosque nativo, plantaciones forestales. Se destacan composición florística como el higuerón, faique, cedro, porotillo, cauce, duraznillo, chachacomo, quillo y joyapa. Así mismo, resaltan especies en conservación como la palma de ramos, y quillo junto con el

cedro, lo que se debe tener en cuenta en prácticas de restauración con especies nativas propias de la zona y el control de especies exóticas.

c. Medio humano

• **Infraestructura de riego**

La junta de riego La Pucareña – El Tambo, creada reciente en el año 2024, no dispone de infraestructura hidráulica instalada, carece de obra de captación, línea de conducción y distribución, por lo que el aprovechamiento hídrico se limita a tomas informales sin control de sedimentos y regulación de caudales, de modo que el proyecto plantea el diseño de una captación de agua con rejilla de fondo. Para lo cual, se busca incorporar medidas de protección de ribera del cauce, manejo de remoción de tierra, revegetación con especies nativas y plan de mantenimiento y operación.

d. Medio económico

La economía de la zona de influencia de la cuenca La Palma, se basa en la agricultura familiar campesina en actividades agrícola, ganadera y silvícola con trabajo mayormente familiar, lo que define el modo de vida y los ingresos económicos. La agricultura y ganadería concentran la mayor cantidad de personas que se dedican a estas actividades, seguidas por el comercio al por mayor y por menor y servicios de comida y turismo.

Debido a la ordenación del uso del suelo, en la zona de influencia del proyecto, predominan áreas para producción agropecuaria, predominando suelos aptos para cultivos y pastos lo que explica la centralidad del sector primario con respecto a ingresos y empleo.

PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA"

UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA

FECHA : OCTUBRE DEL 2025

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:
EXCAVACION MANUAL EN MATERIAL SIN CLASIFICAR

HOJA 1 DE 106

DETALLE:

UNIDAD: M3

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales(5% M.O.)		1,0000	2,00000	1,00000	5,00000
SUBTOTAL (M)					5,00000

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Don	2	1,00	1,00000	1,00000	1,40000
Sonri	1	1,00	2,00000	2,00000	2,50000
SUBTOTAL (N)					3,75000

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Perfilaria cuadro de 2" para rejilla			40,0000	
SUBTOTAL (O)				

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				

Elaborado

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		8,75000
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20,00%	1,75000
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		10,50
VALOR OFERTADO		10,50

PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA"
 UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2025

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO:
TRANSPORTE DE CEMENTO EN ACEMILA

HOJA 1 DE 186

DETALLE:

UNIDAD: SACO*M

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales(5% M.O.)		1,0000	2,00000	1,00000	1,00000
Acemila	1,00				
SUBTOTAL (M)					1,00000

MANDO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Don	1	1,00	1,0000	0,02222	0,02222
	1	1,00	2,0000	2,00000	
SUBTOTAL (N)					0,02222

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
cemento	u	1,0000	5,0000	5,00000
SUBTOTAL (O)				5,00000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

Elaborado	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		6,02222
	INDIRECTOS Y UTILIDADES	20,90%	1,20441
	OTROS INDIRECTOS		
	COSTO TOTAL DEL RUBRO		7,23
	VALOR OFERTADO		7,23

PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA"
 UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2025

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: COMPUERTA METÁLICA TIPO VOLANTE DE 1.5m x 0.4 m, incluye varillaje de 1.2m HOJA 1 DE 106

DETALLE: **UNIDAD:** U

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales(3% M.O.)		1,0000	2,00000	1,00000	1,00000
SUBTOTAL (M)					1,00000

MANO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Albani	1	1,00	1,00000		
Pon	1	1,00	2,00000	2,00000	4,00000
		4,44	4,40000	2,00000	8,40000
SUBTOTAL (N)					12,40000

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Perforia	global	1,0000	105,0000	105,00000
SUBTOTAL (O)				105,00000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

Elaborado

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		118,40000
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20,00%	23,69200
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		142,15
VALOR OFERTADO		142,15

PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA"
UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA
FECHA: OCTUBRE DEL 2025

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REJILLA DE PISOS DE 3" SOBRE AZUD DE 0.20m x 0.8m, incluye vaciado de 3.0 m HOJA 1 DE 106
DETALLE: Instalada **UNIDAD:** U

EQUIPOS					
DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales(5% M.O.)	1,00	1,0000	2,00000	1,00000	1,00000
SUBTOTAL (M)					1,00000

MANO DE OBRA					
DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Instalación de instalador de revestimiento en general(2-01 P2)	1	1,00	24,00000	24,00000	24,00000
	1	1,00	24,00000	24,00000	24,00000
SUBTOTAL (N)					3,33333

MATERIALES					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO	
Perforista	global	1,0000	100,0000	100,00000	
SUBTOTAL (O)					100,00000

TRANSPORTE					
DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO	
SUBTOTAL (P)					

Elaborado	TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)	104,33333
	INDIRECTOS Y UTILIDADES 20,00%	20,80007
	OTROS INDIRECTOS	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	125,20
	VALOR OFERTADO	125,20

PROYECTO: "DISEÑO HIDRAULICO DE UNA CAPTACION PARA EL SISTEMA DE RIEGO DE LA JUNTA LA PUCAREÑA -EL TAMBO, PROVINCIA DE LOJA"
 UBICACIÓN: PARROQUIA EL TAMBO, CANTÓN CATAMAYO, PROVINCIA DE LOJA
 FECHA : OCTUBRE DEL 2025

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS

RUBRO: REJILLA DE PISO DE 2" PARA TANQUE DE DISTRIBUCION, 0.35 DE ANCHO X 0.85 DE LARGO HOJA 1 DE 106

DETALLE: **UNIDAD:** U

EQUIPOS

DESCRIPCION	CANTIDAD	TARIFA	COSTO HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Herramientas manuales(5% M.O.)	1,00	1,0000	2,00000	1,00000	1,00000
SUBTOTAL (M)					1,00000

MANDO DE OBRA

DESCRIPCION	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO-HORA	RENDIMIENTO	COSTO
Acuerdo de instalador de revestimiento en general-RO.F2-	1	1,00	2,00000	2,00000	20,00000
SUBTOTAL (N)					20,00000

MATERIALES

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	P. UNITARIO	COSTO
Perforia	global	1,0000	50,0000	50,00000
SUBTOTAL (O)				50,00000

TRANSPORTE

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	TARIFA	COSTO
SUBTOTAL (P)				

Estos precios no incluyen IVA

Elaborado

TOTAL COSTOS DIRECTOS (M+N+O+P)		71,00000
INDIRECTOS Y UTILIDADES	20,00%	14,20000
OTROS INDIRECTOS		
COSTO TOTAL DEL RUBRO		85,20
VALOR OFERTADO		85,20

