



**UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE**

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
CIVIL**

**EVALUACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA DEFENSA
RIBEREÑA DEL RÍO SANTA MARGEN DERECHA
SECTOR SANTA GERTRUDIS, ENTRE LAS
PROGRESIVAS 173+000 KM AL 175+000 KM DE LA
CARRETERA PATIVILCA - HUARAZ, DISTRITO DE
TICAPAMPA, PROVINCIA DE RECUAY,
DEPARTAMENTO DE ANCASH - 2021**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

**RONDAN RODRIGUEZ, JERONIMO ANTONIO
ORCID: 0000-0002-2343-1757**

ASESOR

**LEON DE LOS RIOS, GONZALO MIGUEL
ORCID: 0000-0002-3275-817X**

CHIMBOTE – PERÚ

2022

1. Título de la tesis

Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021

2. Equipo de trabajo

AUTOR

Rondán Rodríguez, Jerónimo Antonio

ORCID: 0000-0002-2343-1757

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Estudiante de Pregrado,
Huaraz, Perú.

ASESOR

León De Los Ríos, Gonzalo Miguel

ORCID: **0000-0002-3275-817X**

Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ciencias e
Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Chimbote, Perú.

JURADO

Sotelo Urbano, Johanna del Carmen

ORCID: 0000-0001-9298-4059

Córdova Córdova, Wilmer Oswaldo

ORCID: 0000-0003-2435-5642

Bada Alayo, Delva Flor

ORCID: 0000-0002-8238-679X

3. Hoja de firma de jurado y asesor

Mgtr. Sotelo Urbano, Johanna del Carmen
Presidente

Mgtr. Córdova Córdova, Wilmer Oswaldo
Miembro

Mgtr. Bada Alayo, Delva Flor
Miembro

Mgtr. León De Los Ríos, Gonzalo Miguel
Asesor

4. Hoja de agradecimiento y/o dedicatoria

Agradecimiento

A Dios por haberme permitido culminar satisfactoriamente mis estudios superiores.

A mi madre Sr. Susana Fausta Rodríguez Espinoza que en la tierra y ahora desde el cielo está conmigo y me acompaña en todo mi camino.

A mi asesor el Mgtr. León De Los Ríos Gonzalo Miguel por gran apoyo y motivación para la culminación de esta tesis.

Dedicatoria

A Dios por otorgarme bendición y salud en este tiempo de pandemia y así culminar la tesis.

A mi madre Sr. Susana Fausta Rodríguez Espinoza porque me dio la vida y por todo su esfuerzo para ser lo que desde ahora seré y que desde el cielo se sienta orgullosa y feliz.

A mi esposa e hijo porque con su amor me motivan a seguir adelante y apoyan todas mis decisiones.

5. Resumen y abstract

Resumen

La actual tesis titulada “Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021”, tuvo justificación de la investigación en el estudio ante la necesidad de conocer la condición y estado actual de la defensa ribereña del sector Santa Gertrudis en su condición de servicio, siendo su objetivo general el de desarrollar la evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz. La metodología empleada fue la de tipo descriptivo, nivel cualitativo y diseño no experimental, siendo el universo definido la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis y la muestra definida entre las progresivas 173+100 km al 173+700 km de la carretera Pativilca - Huaraz, se empleó la técnica de observación no experimental y análisis documental con los instrumentos de ficha técnica, reporte de análisis de laboratorio de suelo, recolección de datos hidrométricos y planos cartográficos. Se concluye que las estructuras de defensa ribereña encontrados están deteriorados e incompletos, por lo que el estudio realizado derivara importantes aportes en el mantenimiento y rehabilitación de la defensa ribereña del sector Santa Gertrudis.

Palabras claves: defensa ribereña, estructura de protección, encauzamiento.

Abstract

The current thesis entitled "Evaluation and improvement of the riverside defense of the Santa River right bank Santa Gertrudis sector between the progressive 173 + 000 km to 175 + 000 km of the Pativilca - Huaraz highway, district of Ticapampa, province of Recuay, department of Ancash - 2021", had justification of the research in the study before the need to know the condition and current state of the riverside defense of the Santa Gertrudis sector in its condition of service, being its general objective to develop the evaluation and improvement of the riverside defense of the Santa River right bank Santa Gertrudis sector located between the progressive 173 + 000 km to 175 + 000 km of the Pativilca - Huaraz highway. The methodology used was that of descriptive type, qualitative level and non-experimental design, being the defined universe the riverside defense of the Santa River right bank Santa Gertrudis sector and the sample defined between the progressive 173 + 100 km to 173 + 700 km of the Pativilca - Huaraz road, the technique of non-experimental observation and documentary analysis was used with the instruments of technical sheet, report of soil laboratory analysis, collection of hydrometric data and cartographic plans. It is concluded that the riverside defense structures found are deteriorated and incomplete, so the study carried out will derive important contributions in the maintenance and rehabilitation of the riverside defense of the Santa Gertrudis sector.

Keywords: riparian defense, protection structure, channeling.

6. Contenido

1. Título de la tesis.....	ii
2. Equipo de trabajo.....	iii
3. Hoja de firma de jurado y asesor.....	iv
4. Hoja de agradecimiento y/o dedicatoria.....	v
5. Resumen y abstract.....	vii
6. Contenido.....	ix
7. Índice de gráficos, tablas y cuadros.....	xi
I. Introducción.....	1
II. Revisión de literatura.....	3
2.1 Antecedentes.....	3
2.2 Bases teóricas de la investigación.....	11
III. Metodología.....	22
3.1 Tipo de investigación.....	22
3.2 Nivel de investigación.....	22
3.3 Diseño de la investigación.....	22
3.4 El universo y muestra.....	24
3.5 Definición y operacionalización de variables e indicadores.....	24
3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.7 Plan de análisis.....	29
3.8 Matriz de consistencia.....	30
3.9 Principios éticos.....	32
IV. Resultados.....	34
4.1. Resultados.....	34

4.1.1 Características generales.....	34
4.1.2 Evaluación de la defensa ribereña.....	35
4.1.3 Mejoramiento de la defensa ribereña.....	138
V. Conclusiones.....	146
5.1 Conclusiones.....	146
Aspectos complementarios.....	150
Referencias bibliográficas.....	151
Anexos.....	157

7. Índice de gráficos, tablas y cuadros

Índice de gráficos

Gráfico 01: Forma de instalación de los gaviones.....	21
Gráfico 02: Forma típica de los gaviones.....	21
Gráfico 03: Esquema del diseño de la investigación.....	23
Gráfico 04: Delimitación y parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio.....	37
Gráfico 05: Delimitación de la cuenca y sub cuenca de estudio.....	44
Gráfico 06: Doble masa de las estaciones consideradas.....	49
Gráfico 07: Calculo de la prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Recreta.....	60
Gráfico 08: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Log Normal 2 parametros estación Recreta.....	61
Gráfico 09: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Recreta.....	62
Gráfico 10: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Recreta.....	63
Gráfico 11: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Pachacoto..	66
Gráfico 12: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado LogNormal 2 parametros estación Pachacoto.....	67
Gráfico 13: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Pachacoto..	68
Gráfico 14: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Pachacoto..	69
Gráfico 15: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Querococha.....	72
Gráfico 16: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado LogNormal 2 parámetros estación Querococha.....	73

Gráfico 17: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Querococha.....	74
Gráfico 18: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Querococha.....	75
Gráfico 19: Distribución de ajuste Log Normal de 2 parámetros estación Recreta....	76
Gráfico 20: Distribución de ajuste Log Normal de 2 parámetros estación Pachacoto.	77
Gráfico 21: Distribución de ajuste Log-Normal de 2 parámetros estación Querococha.....	78
Gráfico 22: Mapa geológico del distrito de Ticapampa.....	111
Gráfico 23: Mapa de geología local del distrito de Ticapampa.....	113
Gráfico 24: Plano en planta de la zona de estudio.....	118
Gráfico 25: Sección de dique protegido.....	120
Gráfico 26: Sección de espigón de 10 m.....	120
Gráfico 27: Sección de espigón de 15 m.....	120
Gráfico 28: Sección del modelamiento hidráulico km 173+100 al km 173+240.....	123
Gráfico 29: Sección del modelamiento hidráulico km 173+260 al km 173+400.....	124
Gráfico 30: Sección del modelamiento hidráulico km 173+420 al km 173+560....	125
Gráfico 31: Sección del modelamiento hidráulico km 173+580 al km 173+700....	126
Gráfico 32: Calculo de estabilidad de muro de gavión (espigón).....	131
Gráfico 33: Calculo de estabilidad del dique protegido.....	132
Gráfico 34: Diseño de muro de gavión.....	145

Índice de cuadros

Cuadro 01: Definición y operacionalización de variables.....	27
---	----

Cuadro 02: Matriz de consistencia.....	31
Cuadro 03: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos.....	38
Cuadro 04: Denominación y tamaño del área de estudio.....	38
Cuadro 05: Denominación y tamaño del perímetro de la cuenca.....	38
Cuadro 06: Factor de forma del área de estudio.....	39
Cuadro 07: Formas de la Cuenca de acuerdo al Índice de Compacidad.....	40
Cuadro 08: Índice de compacidad del área de estudio.....	40
Cuadro 09: Elevación media de la cuenca.....	40
Cuadro 10: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de laderas.....	41
Cuadro 11: Pendiente de cuenca del área de estudio.....	41
Cuadro 12: Longitud del cauce principal del área de estudio.....	41
Cuadro 13: Pendiente de cauce principal del área de estudio.....	42
Cuadro 14: Resumen de características geomorfológicas de la cuenta de estudio...	42
Cuadro 15: Características de los ríos permanentes.....	43
Cuadro 16: Ubicación de las estaciones Hidrométricas.....	45
Cuadro 17: Registro de caudal máximo anual.....	46
Cuadro 18: Análisis de doble masa de las estaciones consideradas.....	47
Cuadro 19: Logaritmo del caudal de la estación Recreta.....	49
Cuadro 20: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov estación Recreta.....	51
Cuadro 21: Logaritmo del caudal de la estación Pachacoto.....	52
Cuadro 22: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov estación Pachacoto.....	54

Cuadro 23: Logaritmo del caudal de la estación Querococha.....	55
Cuadro 24: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov estación Querococha.....	57
Cuadro 25: Logaritmo del caudal de la estación Recreta.....	58
Cuadro 26: Logaritmo del caudal de la estación Pachacoto.....	64
Cuadro 27: Logaritmo del caudal de la estación Querococha.....	70
Cuadro 28: Análisis estadístico de máximas descargas Recreta.....	79
Cuadro 29: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Recreta.....	81
Cuadro 30: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Recreta.....	82
Cuadro 31: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Recreta.....	83
Cuadro 32: Análisis estadístico de máximas descargas Pachacoto.....	84
Cuadro 33: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.....	86
Cuadro 34: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.....	87
Cuadro 35: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.....	88
Cuadro 36: Análisis estadístico de máximas descargas Querococha.....	89
Cuadro 37: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Querococha.....	91

Cuadro 38: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Querococha.....	92
Cuadro 39: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Querococha.....	93
Cuadro 40: Registro de caudales medio mensual estación Recreta.....	95
Cuadro 41: Registro de caudales medio mensual estación Pachacoto.....	96
Cuadro 42: Registro de caudales medio mensual estación Querococha.....	97
Cuadro 43: Rendimiento de cuenca controlada.....	98
Cuadro 44: Rendimiento de cuenca no controlada.....	98
Cuadro 45: Constantes numéricas de la ecuación.....	98
Cuadro 46: Caudal máximo por año para la zona de estudio.....	99
Cuadro 47: Análisis estadístico de máximas descargas Santa Gertrudis (Q Ticapampa).....	101
Cuadro 48: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).....	103
Cuadro 49: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).....	104
Cuadro 50: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).....	105
Cuadro 51: Resultado de caudal de diseño sector Santa Gertrudis (Ticapampa)...	106
Cuadro 52: Resumen de Calicatas.....	106
Cuadro 53: Resumen de la clasificación de suelos.....	115
Cuadro 54: Resumen de ensayo de peso específico relativo del suelo.....	116
Cuadro 55: Resumen de los ensayos de resistencia de corte directo.....	116

Cuadro 56: Resumen de los resultados de carga de rotura por corte y factor de seguridad.....	117
Cuadro 57: Resumen de los resultados de capacidad de carga por asentamiento y los asentamientos inmediatos.....	117
Cuadro 58: Resumen de los resultados de presión admisible del suelo.....	118
Cuadro 59: Valores Hidráulicos mediante modelación HEC-RAS TR=50 años.....	121
Cuadro 60: Valores Hidráulicos mediante modelación HEC-RAS TR=100 años...	122
Cuadro 61: Estimación de la socavación TR= 50 años.....	129
Cuadro 62: Estimación de la socavación TR= 100 años.....	130
Cuadro 63: Servicio del agua potable.....	133
Cuadro 64: Servicio de disposición de excretas.....	134
Cuadro 65: Aguas servidas.....	134
Cuadro 66: Defensa ribereña.....	134
Cuadro 67: Defensa ribereña existente.....	134
Cuadro 68: Mantenimiento de las estructuras de defensa ribereña.....	135
Cuadro 69: Tipos de defensa ribereña en el sector.....	135
Cuadro 70: Estructura de mejor funcionamiento.....	135
Cuadro 71: Año de construcción de la defensa ribereña.....	135
Cuadro 72: Mantenimiento de la defensa ribereña.....	136
Cuadro 73: Perdida de terreno.....	136
Cuadro 74: Cantidad de terreno perdido.....	136
Cuadro 75: Costo del metro cuadrado de terreno agrícola.....	136
Cuadro 76: Pago para la operación y mantenimiento.....	137
Cuadro 77: Conformidad con la defensa ribereña.....	137

Cuadro 78: Charlas sobre defensa ribereña.....	137
Cuadro 79: Información básica para el diseño.....	138
Cuadro 80: Sección estable del cauce.....	139
Cuadro 81: Tirante de diseño.....	141
Cuadro 82: Velocidad del caudal del río.....	141
Cuadro 83: Régimen del caudal del río.....	142
Cuadro 84: Profundidad de socavación.....	142
Cuadro 85: Altura del dique.....	144

I. Introducción

La investigación se realizó en la margen derecha del río Santa, sector Santa Gertrudis, distrito de Ticapampa y que se encuentra ubicado a 35 km de la ciudad de Huaraz entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, que se encuentra protegido parcialmente en su ribera, ante la crecida del río Santa. El sector en estudio se encuentra expuesto y es vulnerables a inundación, erosión y destrucción de las viviendas, terrenos agrícolas y estructuras de comunicación que perjudican la economía local; ya que la economía en el distrito se basa a la agricultura y ganadería por no contar con una defensa ribereña apropiada en todo su cauce. La problemática del sector en estudio es que se encuentra desprotegido la población, los terrenos agrícolas y las estructuras civiles existente por la falta de una adecuada defensa ribereña, exponiendo la vida y la economía del lugar. Para la realización de nuestra investigación se planteó el siguiente problema: ¿La evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha mejorara la protección del sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021?, por lo tanto, se realizara visitas a campo con el propósito de recoger información, para así evaluar y mejorar la defensa ribereña con el objetivo de: Desarrollar la evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash, para mejorar la protección de la población, de los terrenos agrícolas y estructuras existentes y como objetivos específicos tenemos: Evaluar, mejorar e

incidencia de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, para mejorar la seguridad de la población, terrenos agrícolas y estructuras existentes. La justificación de la línea de investigación es definida por la Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, para la mejora de la protección de la población, terrenos agrícolas y estructuras existentes; perteneciente al Sector Santa Gertrudis del distrito de Ticapampa , la cual no cuenta con una adecuada defensa ribereña y eso se convierte en prioridad a solucionar. A nivel institucional, será de gran uso como antecedente local y se encontrará al alcance de los estudiantes para la elaboración de sus tesis o trabajos de investigación. A nivel profesional, me servirá para fortalecer mis conocimientos en criterio técnicos en proyectos a nivel nacional de defensa ribereña y esto me ayudará a fortalecer mi capacidad intelectual experiencia como profesional. El universo y muestra de la investigación se basa en la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz.

La metodología de tipo descriptivo y diseño no experimental; las técnicas de recolección de datos que se aplicará serán: encuestas, observación no experimental y de documentación; y los instrumentos de recolección de datos será: fichas de campo, recolección datos meteorológico. Actualmente, la población esta desprotegida sufre y es azotada por inundaciones de origen hídrico a causa una inadecuada e incompleta estructura de defensa ribereña y por lo que la población a migrar en busca de mejores condiciones de vida.

II. Revisión de literatura

2.1 Antecedentes

a) Antecedentes Internacionales.

Diseño y análisis de estabilidad hidráulica de tapetes articulados de concreto para protección de cauces.

Según Orlando (3) menciona que, los objetivos son: Realizar una recopilación de las técnicas y estructuras de protección marginal en cauces; en especial el sistema con geotextiles y prefabricados. Comprobar la hipótesis a través de la experimentación de un modelo hidráulico, el cual fue ensayado en el canal de pendiente variable del laboratorio de hidráulica, Enzo Levi, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), ubicado en Jiutepec, Morelos. Revisar la estabilidad frente al flujo del tapete articulado conformado por llantas de desecho y concreto y determinar los coeficientes de arrastre total, por presión y por fricción. Caracterizar el tapete articulado con parámetros hidráulicos: fuerzas, coeficientes y velocidad de arrastre.

La metodología aplicada fue: Recopilación de información especializada del tema en estudio, revisión de la misma y clasificación de bibliografía. Evaluación, revisión y preparación de las instalaciones, instrumentación y equipo de medición que se utilizó en el modelo físico. Diseño y construcción del modelo físico del tapete articulado constituido de llantas de desecho y concreto. Calibración y desarrollo de ensayos en el modelo físico. Procesamiento y análisis de los resultados experimentales.

Como conclusiones se tiene: Los fenómenos naturales no se pueden evitar, algunas veces solo podemos predecirlos, sin embargo, lo que, si podemos prevenir o mitigar sus efectos, tal es el caso de las lluvias torrenciales que producen inundaciones. Una forma de evitar las inundaciones es implementando protecciones marginales. Puesto que el origen principal de las inundaciones es debido al desbordamiento de los cauces por la falta de sus márgenes, es necesario protegerlos utilizando estructuras resistentes a la fuerza del flujo, llamados “tapetes articulados de concreto”. La estabilidad hidráulica del “tapete” la determina la magnitud de la fuerza de arrastre que soporta: a mayor fuerza resistente menor estabilidad y, a menor fuerza resistente se tiene mayor estabilidad. La forma hidrodinámica del tapete contribuye en su estabilidad.

Estudios y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del río Cauca en el sector Candelaria en el distrito de riego Roldanillo – La Unión - Toro.

Según Oscar (4) menciona que, los objetivos son: Seleccionar y diseñar las obras de protección de la margen izquierda del río Cauca en el sector Candelaria del distrito de riego RUT, que presentan las mejores ventajas considerando aspectos ambientales, técnicos y económicos. Caracterizar el río Cauca en sector del distrito de riego RUT comprendido entre las estaciones hidrométricas de Guayaba y La Victoria. Implementar el modelo matemático bidimensional CCHE2D para estudiar la hidrodinámica del río Cauca en el sector de Candelaria del Distrito RUT, considerando diferentes escenarios de simulación, que permitan obtener

valores más certeros de los parámetros hidrodinámicos necesarios para el diseño de las obras de protección. Estimar la socavación total que se puede presentar en el cauce del río Cauca en el sector de la Candelaria. Realizar un análisis comparativo de las diferentes obras que se pueden proponer, teniendo en cuenta factores económicos, sociales y ambientales y seleccionar la mejor alternativa que ofrece los mayores beneficios y los menores efectos adversos. Plantear y dimensionar diferentes alternativas de protección de la margen izquierda del río Cauca en el sector de Candelaria. La metodología aplicada fue: Recolección, procesamiento y análisis de información disponible. Caracterización y esquematización del sistema fluvial a modelar, definición de la geometría del cauce y la planicie aluvial (batimetría y topografía), fronteras, caudales, niveles, etc. Implementación de un modelo matemático hidrodinámico bidimensional del río Cauca en el sector de Candelaria en el distrito de riego RUT. Estimación de la socavación total que puede ocurrir en el tramo de estudio. Definición de los parámetros necesarios para el diseño de las obras. Selección de las obras de protección para el pre dimensionamiento y elaboración de los diseños y presupuestos preliminares. Selección de la obra de protección que mejor se ajusta a las necesidades del sector considerando diferentes aspectos (ambientales, técnicos y económicos), elaboración de diseños y presupuesto definitivos de la obra seleccionada.

Como conclusiones se tiene: Para controlar la erosión lateral de la orilla izquierda del río Cauca en el sector de Candelaria se tuvieron en cuenta y analizaron diferentes tipos de obras de protección, como los paneles

sumergidos, el revestimiento con bloques de concreto (Dolos), revestimientos en colchacreto y protección con cortina de pilotes de concreto con geotubos. Para el análisis y selección definitiva del tipo de obra de protección más apropiado se consideraron aspectos ambientales, técnicos y económicos. Al final se seleccionó la protección con cortinas de pilotes de concreto más geotubos como la opción que proporciona las mayores ventajas.

b) Antecedentes Nacionales.

Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora – Lambayeque.

Según Lily (5) menciona que, los objetivos son: Desarrollar el diseño de defensas ribereñas y aplicarlo al cauce del río la leche especialmente en sus zonas críticas. Determinar las características mecánicas del suelo, mediante el estudio de Mecánica de Suelos. Determinar las características topográficas del cauce del río y elaborar los planos de topografía. Elaborar el estudio de Impacto Ambiental que originará la construcción del proyecto en la zona. Plantear alternativas de solución de defensas ribereñas en las zonas vulnerables del cauce del río y elaborar sus especificaciones. Evaluar la calidad de los materiales a usar, canteras cercanas para efectos de explotación y utilización posterior.

La metodología aplicada fue: Estudios de Geología, Geotecnia, Mecánica de Suelos y Canteras. Estudio de Topografía. Evaluación de Impacto Ambiental.

Como conclusiones se tiene: Del Estudio Topográfico y las exigencias del proyecto se concluye que la longitud total a intervenir es de 11+379 km. Del estudio de mecánica de suelos realizado se concluye que la zona de estudio está formada por arenas limosas, arenas mal graduadas, limos y arenas finas y arcillas de baja plasticidad. Del estudio de canteras realizado se concluye que el material para afirmado será de la cantera Cerro Escute, dicho material será utilizado en la conformación de los diques y las canteras de piedra para el encauzamiento del río serán de la cantera Tres Cerritos. Del análisis del entorno del proyecto, se concluye que la ubicación de los centros poblados y los restos arqueológicos asentados en la ribera con respecto al río se encuentran vulnerables es por eso que las defensas ribereñas se han aplicado en estas zonas para evitar situaciones de inundación y daños frente a una avenida máxima. Del estado actual del cauce del río, se concluye que en la zona de estudio el río es sinuoso y su ancho está colmatado de sedimentos y vegetación arbórea, por lo que se hace necesario su atención de limpieza, encauzamiento y colocación de defensas ribereñas, teniendo en cuenta como diseño un ancho de cauce de 60 mt. Del análisis y selección de alternativas se concluye que los tipos de defensa seleccionados son: Gaviones, colchonetas de diferentes tipos, enrocados de diferentes tipos aplicados en tramos específicos del cauce según la topografía de las márgenes, lo cual se puede observar en los planos. De la evaluación de impacto ambiental realizado se concluye que los impactos negativos hacia los factores ambientales son notables y temporales, por tanto, el proyecto a ejecutar es ambientalmente viable.

Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Cerro Blanco – Menocucho, Trujillo 2018.

Según Fiorela y Alex (6) dicen que, el objetivo principal es realizar el diseño hidráulico estructural de defensa ribereña del río moche, tramo Cerro Blanco-Menocucho, Trujillo, 2018.

La metodología aplicada fue la recolección de información, procesamiento de la información, modelamiento hidráulico, y modelamiento estructural con el uso de programas computacionales para alcanzar el objetivo.

Como conclusión se tiene: Que el realizar el diseño hidráulico y estructural de gavión, permitió satisfacer los seis puntos críticos, lo cual involucro el dimensionamiento, verificaciones por deslizamiento, y verificaciones por volcamiento, teniéndose como resultado genérico, que el factor de seguridad de volcamiento calculado fue mayor a 2 para todos los casos, de acuerdo al manual de gaviones, así mismo el factor de seguridad de deslizamiento calculado, fue mayor a 1.5 de acuerdo al manual antes mencionado, además el gavión que predomina en sección respecto a la base, tiene dimensiones 1.00 metro de alto, 4.00 metros de base, y 1.25 metros de profundidad, para el gavión antes citado y los demás gaviones, se empleó roca de 6” a 8” y mallas hexagonales de triple torsión de 8x10.

c) Antecedentes Locales.

Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen Izquierda del río Mosna en el tramo km: 17+000 al km: 17+330 en el distrito de Chavín, aplicando Hec Ras, 2013.

Según Roger (7) menciona que, el objetivo es el diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo Km: 17+000 al Km: 17+ 330, distrito de Chavín, utilizando Hec Ras. La metodología aplicada es la Recolección de Información, Procesamiento de la información y Modelamiento en Hec Ras.

Como conclusiones se tiene: Se determinó el caudal máximo para un tipo de suelo intermedio teniendo en consideración que las condiciones pluviométricas en la parte oriental de los andes no tiene el mismo comportamiento que el flanco occidental. Bajo esta premisa se analizaron los datos de precipitación en tres sub cuencas en la parte más baja cercana al proyecto obteniéndose un caudal de diseño de 370.689 m³/s. La altura de muro se obtuvo mediante dos cálculos primero por la altura de pantalla de agua que es de 3.60m, segundo por la socavación local que genera de 1.5 m considerándose para el diseño un muro de gavión de 4.00 m de altura que cumple con todas las condiciones de estabilidad (deslizamiento, volteo y reacción al suelo), se usaron gaviones de tipo A y de tipo B de 1.0x1.0m con recubrimientos de zinc y Según los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos el tramo del estudio es de clasificación de tipo B. Suelos homogéneos no cohesivos, capacidad portante del suelo (1.0kg/cm²), ángulo de fricción interna de 35°, peso específico del material del muro 1.70 t/m², peso específico 1.80 ton/m³.

Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector Puente Huambacho - distrito de Nepeña - Santa - Ancash.

Según Dennis y Julio (8) dicen que, el objetivo principal es realizar un diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña en el sector puente Huambacho, del distrito de Samanco, provincia de Santa, departamento de Ancash.

La metodología aplicada es la inspección y evaluación del área por el problema planteado, recopilando todos los datos necesarios que permiten efectuar un buen análisis e interpretación de los resultados.

Como conclusión se tiene: Para la evaluación hidráulica de las obras de defensa y encauzamiento en el tramo indicado, en su estado actual y proyectado respecto al comportamiento de la corriente del río; se han llevado a cabo las evaluaciones hidráulicas, para los caudales de diseño de 88 y 122 m³/s, con el empleo del programa Hec - Ras, versión 4.1.0. para un periodo de retorno de 50 y 100 años. El caudal de diseño de los niveles de corona y estabilidad del terraplén de los diques: así como para dimensionar el ancho estable del cauce del río Nepeña en los tramos de estudio; es de 122 m³/s. El ancho estable del río Santa en el tramo donde están emplazados los diques es de 40 m. de ancho, sin embargo, en el ancho real es menor a este, razón por la cual, los diques son más altos y mayor profundidad de la uña de cimentación. De acuerdo a los resultados de las evaluaciones hidráulicas llevadas a cabo, con ayuda del programa computacional Hec - Ras 4.1.0, se ha considerado que las alturas del terraplén varíen entre 4.10 – 5.50 metros. Además, según los resultados de las evaluaciones de socavación llevadas a cabo, se ha considerado la altura de la uña de cimentación de los diques de 2.20 metros. Se considerará como

talud mojado 1/0.5, talud seco 1/1, base superior 1.60 a 2.50 metros, base inferior de 13 a 22 metros.

2.2 Bases teóricas de la investigación

2.2.1 Evaluación hidrológica

El objetivo de este estudio es el de evaluar la disponibilidad del agua en la cuenca del Santa, en magnitud como en vulnerabilidad a lo largo del tiempo de acuerdo a los registros que se cuenten y de esta manera determinar los parámetros hidrológicos para los diseños que se realicen teniendo en cuenta la mejor alternativa tanto técnica como económica.

Todo estudio relacionado con diseño de defensa ribereña requiere de exigente estudio hidrológico para determinar el comportamiento del río. El estudio hidrológico está de acuerdo a la necesidad que exigen las obras de defensa ribereña (9).

Lo importante, es determinar el caudal de diseño en la cuenca del Santa, para un periodo de retorno tal que asegure la durabilidad de la obra, teniendo como información los registros de las estaciones existentes (10).

Información básica

El propósito de la evaluación, es estimar el caudal de avenidas en la zona donde se existen las obras de defensa ribereña en el río Santa, Sector Santa Gertrudis. Con el fin de evaluar los criterios adecuados para conocer las características hidrológicas del río en el tramo de estudio; se realizarán las siguientes actividades (11):

Hidrometría. - Consistirá en la recopilación de los registros de caudales sobre el río Santa.

Reconocimiento de campo. - El reconocimiento de campo ha permitido contar con una apreciación de la situación actual de las características hidrológicas e hidráulicas del río Santa en el tramo de estudio, sector Santa Gertrudis.

Durante esta etapa se observará la característica hidráulica del cauce, como la formación de cauces meandricos para caudales menores, que durante la época de avenidas llevan un caudal importante y que pueden convertirse en un solo cauce principal, por cuanto debo señalar que el cauce está formado por material aluvial. En el tramo del estudio, el lecho del cauce alcanza un ancho de 70 m en promedio (12).

Características del río santa. El río Santa, es la principal arteria hídrica del departamento de Ancash y uno de los principales de la costa peruana, condiciona toda la red de drenaje superficial, tanto estacional como permanente.

Comprende aproximadamente 11,700 Km² y una longitud de 290 Km. Nace con las aguas del glaciar Tuco que configura la laguna de Conococha, tomando la dirección Sur – Norte atravesando todo el valle “Callejón de Huaylas” y el “Cañón del Pato” para luego tomar la dirección Norte – Sur – Suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico hacia el norte de la ciudad de Chimbote (distrito del Santa).

La red de drenaje permanente se compone de los ríos y drenaje de quebradas que en su gran mayoría confluyen por su margen derecha y se originan por la fusión de los glaciares de la Cordillera Blanca y de las numerosas lagunas y glaciares.

La hidrología superficial es la que tiene especial relevancia por la magnitud de precipitaciones y avenidas que ocurren estacionalmente. Se contempla los tipos y modos de distribución de redes de drenaje y escorrentía que presenta parte de la cuenca del Santa.

La red de drenaje de la margen derecha del río Santa (caudales no medidos) presentan características distintas a la red de drenaje de la margen izquierda; estos últimos suelen tener densidad y caudal bastante mayor, así como presentan pendientes medias menores (13).

Caudal de diseño. - Para el cálculo del caudal de diseño, se seguirá la metodología siguiente:

a) Prueba de bondad de ajuste a una distribución de valor extremo. Para un mejor análisis de datos hidrológicos es necesario conocer el tipo o forma de distribución teórica que puede representar aproximadamente a la distribución empírica de estos datos.

Para averiguar qué tan aproximado es esta distribución empírica a la teórica será necesario realizar algunas pruebas estadísticas comúnmente conocidas como prueba de ajuste, en nuestro caso se usará el siguiente método:

Método de análisis de doble masa, método Smirnov - Kolmogorov, método de Chi-cuadrado: Estas pruebas serán aplicadas a los datos de los registros de caudales de las estaciones para determinar la consistencia y confiabilidad de los datos para un correcto diseño (14).

b) Modelos probabilísticos. Para la determinación de un mejor modelo que se ajuste a los datos para el diseño correspondiente, entre estos están: normal, lognormal de 2 parámetros, lognormal de 3 parámetros, gamma de 2

parametros, gamma de 3 parametros, logpearson tipo III, gumbel y loggumbel (15).

c) Análisis de máxima avenida. Para caudales máximos instantáneos anuales de las estaciones Recreta, Pachacoto y Querococha, que se ajustan a las distribuciones de probabilidades log normal, gumbel y log pearson; se realizará el análisis de máximas avenidas para diferentes tiempos de retorno (16).

d) Cálculo del caudal de diseño para la zona de estudio. Para el cálculo de máxima avenida para la zona de estudio se utilizó el método probabilístico, por lo que se requiere calcular el periodo en función de la vida útil de la defensa ribereña.

Por no contar con una estación de aforo en Ticapampa, que nos permita calcular directamente el caudal máximo de diseño, es necesario utilizar estaciones de aforo existente aguas arriba, como las estaciones de Recreta, Pachacoto y Querococha. Sin embargo, con las estaciones hidrométricas usadas, no se cubre toda el área de escorrentía, es decir existen zonas no controladas. Por lo tanto, será necesario las correcciones para determinar el caudal de diseño; así tenemos la Ecuación siguiente:

$$Q_{Ticapampa} = Q_{Recreta} + 2.88Q_{Pachacoto} + 4.82Q_{Querococha} \dots\dots\dots 1$$

Las constantes numéricas se determinaron en función del área de la cuenca, considerando que el área de cuenca no controlada tiene el mismo rendimiento que la cuenca controlada (17).

e) Periodo de retorno y riesgo de falla. El periodo de retorno o periodo de ocurrencia de una inundación (o tiempo de recurrencia) se define entonces,

como el tiempo medio, en años, en que esa inundación es igualada o superada por lo menos una vez.

Existe, aún otro criterio para escoger el periodo de retorno; la fijación a priori, del riesgo de falla de la estructura, dentro de la vida útil de la obra, esto se expresa por la relación:

$$J = 1 - (1 - 1/Tr)^n \dots\dots\dots 2$$

Donde **Tr**, es el tiempo de retorno y **n**, vida útil de la obra.

f) Análisis de descargas máximas. En el estudio se realizará el análisis de consistencia de doble masa, las pruebas de bondad de chi cuadrado y otras pruebas de ajuste aplicando diferentes programas de cálculo, a los datos de máximas avenidas sobre la base de los registros de descargas máximas anuales del río Santa calculadas con la ecuación (2), entre los años 1952 y 1998 y caudales máximos de las estaciones de aforo Recreta, Pachacoto y Querococha, para obtener resultados favorables y confiables. Luego se realizará el análisis estadístico de máximas descargas con los métodos log normal, gumbel y log pearson (18).

2.2.2 Evaluación geomorfológica

La evaluación en campo al río Santa, se le puede considerar como un río joven de régimen regular y torrencioso y que se encuentra entre las Cordilleras Blanca y Negra. La geomorfología del lecho del río permite apreciar la presencia de dos zonas características de erosión y sedimentación, siendo la primera la incidencia de la erosión horizontal en ambas márgenes por parte del río, sobre todo en las épocas de crecidas, por la constante variación lateral de la corriente, corroborando también en ello la presencia de curvas y por las

condiciones geomorfológicas de la zona, y la segunda es la deposición producto de arrastre de partículas desde arriba que se van depositando en el mismo cauce del río, permitiendo la formación de canteras de material de construcción como canto rodado, hormigón y arena (19).

Este estudio es importante para los trabajos de diseño de defensa ribereña.

Entre las evaluaciones se tiene:

a) Curso de agua

El río Santa presentan un lecho móvil, con canales que se unen y se separan.

El tiempo de escurrimiento es permanente, con pendientes variables, según las épocas de estiaje y de máximas avenidas.

b) Tipo de flujo

El flujo del río Santa en épocas de crecida, puede ser de flujo central y flujo lateral.

c) Tipo de lecho

Lecho es el espacio que puede ser ocupado por el agua o los cursos de agua.

Los tipos son:

Lecho temporal.

Lecho ordinario

Lecho móvil.

d) Potencia de flujo

En un punto y en un momento determinado, todos los cursos de agua tienen una cierta potencia. Existen dos tipos: Potencia bruta y potencia neta.

e) Sedimentación

La sedimentación en el río Santa por ser de régimen torrencioso y joven, su evaluación es complejo y difícil; debido a las características de flujos inestables y no uniformes, lecho móvil, etc.

f) Geología regional y local

Su evaluación será con el análisis de suelos y mapas geológicos.

g) Topografía

Levantamiento topográfico del cauce del río.

2.2.3 Evaluación hidráulica

La evaluación hidráulica que se realice del cauce en el tramo de estudio, considerando un análisis de la situación actual, realizando simulaciones hidráulicas bidimensionales y unidimensionales para caracterizar las zonas inundables, obteniendo como resultado los valores de tirante de agua y velocidad para cada uno de los escenarios de evaluación de la peligrosidad, que permita cuantificar la problemática existente en los tramos seleccionados proporcionando información para determinar la tipología de medidas de mitigación que se deban desarrollar posteriormente (20).

Los objetivos de la evaluación hidráulica son:

- Caracterización hidráulica del cauce en estudio.
- Revisión del modelo digital de elevaciones a emplear para las simulaciones hidráulicas.
- Inventario de infraestructura hidráulica y obras de paso situados en el cauce de los ríos.
- Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning.
- Aplicación del modelamiento con Hec Has o Iber.

- Obtención de los tirantes del flujo y campos de velocidades en las secciones de los cauces en evaluación.
- Calibración y verificación del modelo hidráulico con los datos recopilados en estudios y proyectos anteriores.

2.2.4 Evaluación estructural

Se realizará la evaluación de socavación y estabilidad de los muros de gaviones.

2.2.5 Evaluación social

Se realizará la evaluación social para garantizar la protección de la vida de los pobladores del lugar, sus viviendas, sus terrenos de cultivo y las vías de comunicación existentes y disminuir los efectos negativos en la economía del sector Santa Gertrudis.

Por otro lado, cabe resaltar que la problemática se agudiza desde un punto de vista social, puesto que existe urgentemente la necesidad de capacitar a los usuarios en el manejo y operación de las futuras estructuras de protección.

Los aspectos socio económico de la población del área, están relacionados con las actividades productivas, con ello la disponibilidad del recurso hídrico, suelo cultivable, tecnología adecuada, etc. Siendo necesario que se determine la situación actual en la que viven la población del ámbito de estudio, a partir de la información primaria y secundaria, en temas relacionados a los aspectos económicos, así como indicadores sociales. Así mismo es necesario conocer la opinión y perspectiva de los beneficiarios del proyecto, puesto que este surge y parte como una necesidad (21).

2.2.6 Diseño hidráulico

De manera general se han adoptado criterios de funcionalidad conjunta e individual de las estructuras existentes y por construir. Se ha considerado el ancho estable de diseño según la topografía del sector Santa Gertrudis, según cálculos y puesto que el lecho actual presenta dimensiones similares con sus márgenes y cauce arborizadas y estructuras construidas. En cuanto a la altura de dique éste se determinará, sobre la base de los cálculos, con la concepción de que las estructuras estén previstas para soportar el paso de avenidas extraordinarias recargadas hacia la margen derecha por la falla geológica existente y por la sinuosidad del cauce de río, también es recomendable realizar la protección de la margen derecha aguas arriba como una segunda parte del proyecto.

Teniendo en cuenta que el caudal de diseño calculado es (Q), ancho estable (b), pendiente del lecho de río (S) determinado de los planos topográficos, y el factor de rugosidad de la fórmula de Manning (n) (22). Tenemos:

De la fórmula de Manning Strickler:

$$V_m = R^{2/3} * S^{1/2} / n \dots\dots\dots 3$$

Donde:

V_m = velocidad media (m/seg.)

R = Radio hidráulico (m)

S = Pendiente

n = Coeficiente de rugosidad que depende del lecho natural

P = Perímetro mojado (m)

A = Área mojada (m²)

S = pendiente del cauce del río (m/m)

R = Radio hidráulico (m)

n = Factor de rugosidad del cauce del río

2.2.7 Diseño estructural

Las estructuras de protección diseñados con gaviones trabajan como muros de gravedad, aguantando los empujes laterales del terreno. El muro de gaviones es diseñado para el empuje activo del terreno, por su flexibilidad, con la disminución de la resistencia cortante, por la condición de reposo.

También, se debe tener en cuenta que el muro de gaviones, es una estructura drenante, siendo posible que se generen empujes a causa del agua. Por lo que se, debe verificarse esta situación en sitio, de manera que se tenga seguridad de que no existan elementos que permitan la acumulación de agua en el espaldón el muro, ocasionando empujes horizontales.

Los resultados del diseño estructural del dique o terraplén son:

Ancho estable (m)

Profundidad estable (m)

Profundidad de socavación (m)

Factor de seguridad al volteo de dique

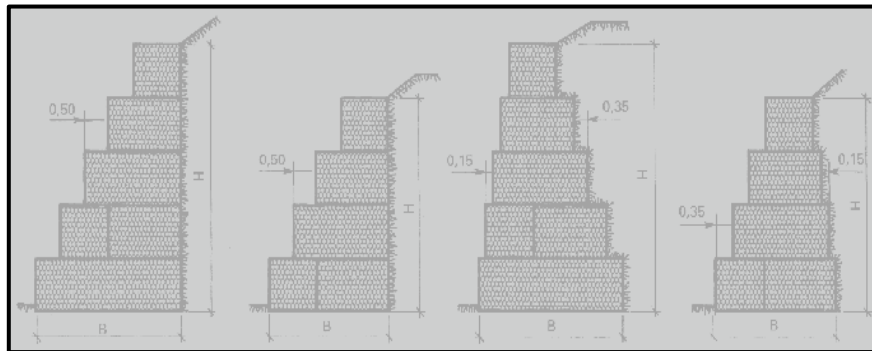
Factor de seguridad al deslizamiento

Muros de Gaviones

Son estructuras rellenas con roca, el cual como objetivo tiene en la de proteger las riberas de máximas avenidas de un río, estas estructuras están formadas por mallas metálicas.

La dimensión básica de un gavión es de 1.00 metro de ancho por 1.00 metro de alto.

Gráfico 01: Forma de instalación de los gaviones

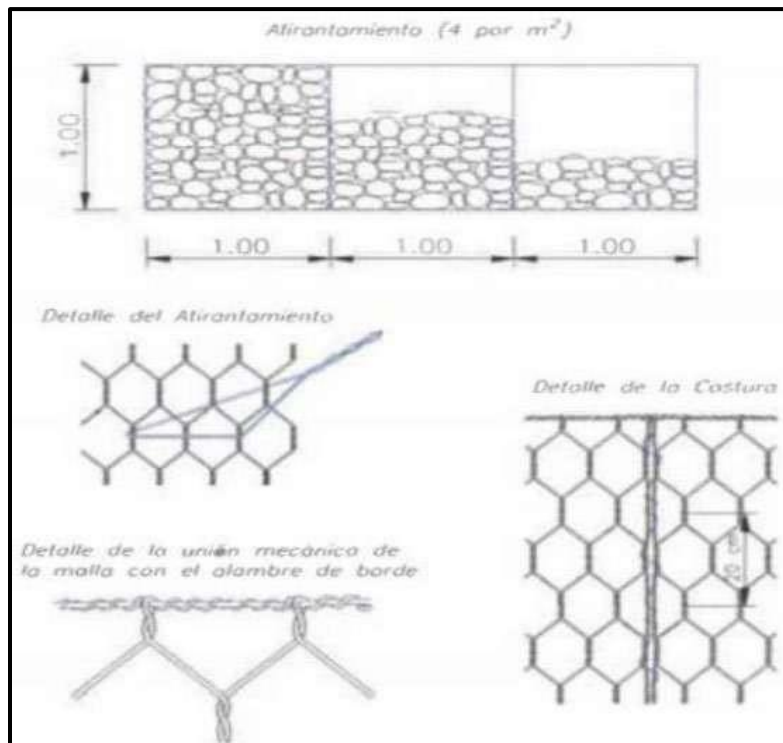


Fuente: Manual de Gaviones

Los gaviones están contruidos de alambre galvanizado, cubierto con PVC para su protección contra la corrosión, erosión y daños físicos que se producen por las aguas agresivas que transportan piedra, grava y arena.

El llenado de roca en las cajas de los gaviones se hace in situ, para encofrarse y poder mejorar la estructura del gavión y evitar las deformaciones (5).

Gráfico 02. Forma típica de los gaviones



Fuente: Manual de Gaviones

III. Metodología

3.1 Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo descriptivo, debido a que se utilizó un medio de recolección de datos para obtener información sobre las condiciones en que se encuentra la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash.

3.2 Nivel de investigación

El nivel de la investigación de acuerdo a la naturaleza del estudio es cualitativo, por lo que está enmarcado en especificar las propiedades importantes al evaluar y mejorar mediante la recolección de datos, que a través de la observación se procesaron los datos de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash.

3.3 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación empleada es no experimental, ya que se observó los fenómenos tal como se encuentra en su contexto natural y esto nos indicó como abordar metodológicamente la investigación, acorde a su tipo y nivel; con el fin de recolectar la información necesaria para responder al problema de investigación, de este modo cumplir con los objetivos propuestos.

a. Observación

Se recopilará información visual del funcionamiento de la defensa ribereña del distrito de Ticapampa, para conocer el comportamiento de cada componente de acuerdo a las deficientes características encontradas y así nos permitirá cumplir con los objetivos de la investigación.

b. Muestra

Se tomará como muestra toda la defensa ribereña del distrito de Ticapampa, mediante un instrumento de recolección de datos que servirá para realizar el estudio registrando cada condición deficiente.

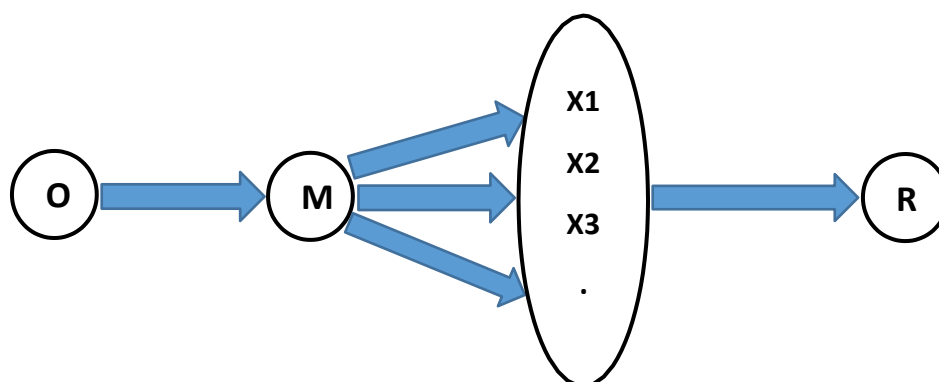
c. Análisis y evaluación

Se analizará y evaluará cada componente de la defensa ribereña del distrito de Ticapampa, para poder elaborar un plan de mejoramiento de la estructura con ayuda de los datos recolectados en campo, de acuerdo al estado actual.

d. Resultado

Se obtendrá como resultado a la evaluación y diseño el mejoramiento de la defensa ribereña del distrito de Ticapampa sector Santa Gertrudis.

Gráfico 03: Esquema del diseño de la investigación



Fuente: Elaboración propia (2021)

Donde:

O= Observación, para poder tener la observación de mi muestra tendré que tener las bases teóricas para poder observar bien el sistema de saneamiento.

M= Muestra, después de a ver observado tomo una muestra aleatoria para poder realizar el diagnostico.

Análisis de evaluación (X1, X2, X3, ... Xn) = Son los diferentes componentes de un sistema y las anomalías que presentan, tengo que recolectar a través de los instrumentos de la recolección de datos con técnicas e instrumento a la vez.

R= Resultado, es la interpretación de los instrumentos para aplicarlos y caracterizarlos.

3.4 El universo y muestra

Universo

Para esta investigación el universo fue definido por la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash.

Muestra

Para esta investigación la muestra fue la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+100 km al 173+700 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash. Para una mejor evaluación se ha determinado que las evaluaciones muestrales sean cada 100 ml.

3.5 Definición y operacionalización de variables e indicadores

a. Definición de la operacionalización.

Variable. -Son aquellas características o atributos, las cuales se puede medir y se da solo en algunos sujetos, grados o fenómenos de estudio. Estos podrán clasificar a los que puedas permitir ubicar a todos los individuos, mediante clases o categorías que sean en si susceptibles. Es también una identidad abstracta que puede tomar diferentes valores, respecto a una cualidad, propiedad o características de personas o cosas de estudio. Puede cambiar de un sujeto a otro o en un mismo sujeto en diferentes momentos. Se llaman así porque varían y esa variación es perceptible y mediable, inconstante y mudable, se usan diferentes contextos y distintas ciencias.

Definición conceptual. - En un elemento, sobre un proceso de investigación científico los cuales se basan en fuentes teóricas que se puedan encontrar en páginas web, artículos científicos, libros u otras fuentes confiables, donde permitirá su comprensión de la investigación. El investigador delimita y presenta los conceptos fundamentales que se requieren para así comprender correctamente los resultados del proyecto. Su diferencia miento debe ser una característica o grupos de características que estas presenten.

Definición operacional. – Es aquella demostración de un proceso, donde se podrá especificar sobre qué actividades u operaciones, se pueden realizar para así medir la variable, donde se podrán usar para determinar su cantidad y presencia, aparte articula los procesos necesarios para así identificar sus debidos ejemplos. Todo trabajo de investigación requiere

definir los debidos conceptos que intervendrán en el estudio, con la finalidad de que el lector pueda comprender desde un inicio la importancia y objetivos presentado. Indica los elementos concretos, empíricos o indicadores del hecho que se investigara.

Dimensiones. - Hacen referencia a los aspectos o facetas específicas de un concepto que queremos investigar.

Indicador. – Es aquella señal que nos podrá permitir identificar las diferentes características de las variables y el calcular el estándar que evaluará o demostrar el progreso y así alcanzar los debidos objetivos. Su expresión se puede nutrir de la estadística o cualquier otra forma de indicación que faculte estudiar los objetivos requeridos, estos indicadores también son herramientas de gran utilidad para aclarar o definir de manera específica de los objetivos. El indicador debe ser enfocado, claro e específico, debe de dar una idea relativa de los datos necesarios y de la población entre la cual se medirá el indicador.

Unidad de medida. – Es aquella referencia convencional, relevante, para la investigación, donde se podrá determinar el proceso de la elaboración de variables y su nivel de investigación de investigación. La unidad de medida es también es también aquella practica que se realiza con el interés de poder continuar el rendimiento y así aprovechar todo el espacio que existe dentro de una unidad.

Cuadro 01: Definición y operacionalización de variables

Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash-2021					
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
	La			Evaluación	
	evaluación de la defensa	La evaluación de la defensa		hidrológica	m ³
Evaluación de la defensa ribereña del río Santa	ribereña es la realización de actividades que sirven	ribereña se realizará, con la recolección de datos, levantamiento	Evaluación de la defensa	Evaluación geomorfológica	m
margen derecha	para dar un juicio, una valoración y medición de las estructuras existentes	topográfico, fichas técnicas y encuestas a la población.	ribereña	Evaluación estructural	m, m ² , m ³
				Evaluación social	Sin unidad
Mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa	El mejoramiento de la defensa ribereña es el conjunto de estudios necesarios	El mejoramiento de la defensa ribereña se realizará con estudios	Mejoramiento de la defensa	Diseño hidráulico	m ³ /s
sector margen derecha	para conseguir objetos que sean útiles y estéticos	topográficos, suelos, hidrológico e hidráulico.	ribereña	Diseño estructural	m, m ² , m ³

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las técnicas que se utilizaron son, la observación no experimental, la encuesta y el análisis documental.

- **Observación no experimental**, es el registro de manera visual sobre lo que pueda ocurrir en alguna situación real, donde se clasifica y le consigna los datos, porque mediante el estudio se podrá observar la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash y como se encuesta en su infraestructura y su estabilidad para que se tengan en cuenta los requerimientos y se subsanen lo más pronto posible en bien de la población en estudio.

- **Análisis documental**, nos permite tener una idea sobre el desarrollo y sus debidas características de los procesos que dispone donde su información confirme o haga dudar el grupo entrevistado ya mencionado. Porque en el estudio el poder analizar los diferentes documentos relacionados con la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash, apertura en un futuro, a investigaciones similares y también la revisión de estos permitirá conocer si está cumpliendo las obras según lo establecido o se han interrumpido dicho sea en caso se demandará su ejecución por ser de justicia

3.6.1 Técnicas e instrumentos

Los instrumentos son los siguientes:

- **Ficha de recolección de datos de campo**, esta ficha aporta mucho para poder obtener la información adecuada y correcta sobre la defensa ribereña y así en nuestro estudio poder brindar la información basada en observaciones directas.
- **Reporte de análisis de laboratorio de suelos**, se realizó mediante el muestreo de suelos y levantamiento topográfico.
- **Recolección de datos meteorológico, hidrológicos e hidráulicos**, recolección de datos de las estaciones meteorológicas próximas a la zona de estudio.
- **Planos cartográficos de la geología**, regional y local.

3.7 Plan de análisis

La recolección de datos se realizó mediante la observación, una encuesta a la población y documentación porque ellos son la fuente primaria con que se cuenta para esta investigación. El plan de análisis sobre los datos que se obtuvieron en la presente investigación comprende lo siguiente:

En el análisis descripto sobre la situación actual, de los datos observados fue de manera directa, donde se describe la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash, se aplicará las normas vigentes del RNE y ANA (23).

Teniendo en cuenta el RNE y ANA, después de reunir la información se actualizaron mediante técnicas estadísticas descriptivas a través del

indicador cualitativo, que permitió describir las condiciones de protección del sector Santa Gertrudis, empleando la ficha técnica de recolección de datos de campo, levantamiento topográfico y análisis de suelos.

El plan de análisis del proyecto de investigación está referido a lo siguiente:

- El estudio se realizó, teniendo el conocimiento de la ubicación del área de estudio.
- Se realizaron estudios básicos como metodologías para poder determinar el caudal de diseño.
- Se evaluó el diseño empleando paquetes de software de ingeniería.
- Diseño hidráulico, se utilizó el Hidroesta.
- Diseño estructural se utilizó, programas del fabricante sobre la estabilidad de muros de gaviones.
- Para el modelamiento hidráulico se utilizó el Hec Ras
- Para el trabajo topográfico se utilizó el Civil 3D
- La presentación de los resultados se realizó en cuadros y tablas.

3.8 Matriz de consistencia

Cuadro 02: Matriz de consistencia

Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021				
Planteamiento de la investigación	Objetivos de la investigación	Marco teórico y conceptual	Metodología de la investigación	Referencias Bibliográficas
<p>a) Caracterización del problema El estudio estará ubicado en el cauce del río Santa</p> <p>margen derecha sector Santa Gertrudis entre la progresiva 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash, cuyas coordenadas son UTM N=8°9'12,600.00m, E=231,700.00m 3,437.00 m.s.n.m, actualmente la zona del proyecto se encuentra colmatado en su cauce, erosionado en la ribera, deteriorado en las estructuras de gaviones por asentamiento y rotura; y por consiguiente desprotegido quedando propensa a desbordamientos e inundaciones por el incremento del caudal del río Santa, siendo esta desprotección el problema del sector y materia del presente estudio. Entre la progresiva relativa 173+000 km al 175+000 km se han identificados las siguientes estructuras de protección: dique sin protección. - construido de material propio producto de la descolmatación del cauce que se encuentra erosionado; dique con protección. - construido de material propio semicompactado producto de la descolmatación del cauce y protegido con colchones antisocavantes rellenos de canto rodado que se encuentra deteriorado a consecuencia de la erosión y socavación; espigón. - construido de gaviones caja y colchones antisocavantes rellenos de canto rodado que se encuentran deteriorados a consecuencia de la erosión y socavación.</p> <p>b) Enunciado del problema ¿La evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha mejorara la protección del sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021?</p>	<p>Objetivo general Desarrollar la evaluación y</p> <p>mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021.</p> <p>Objetivos específicos - Evaluar la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021. - Mejorar la defensa ribereña del río Santa del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis ubicado entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash - 2021.</p>	<p>1. Antecedentes a. Antecedentes internacionales Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos. Proyecto de construcción de un muro de gaviones de 960 m³. b. Antecedentes nacionales. Uso de gaviones para mejorar la defensa ribereña del río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017. Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Cerro Blanco - Menocucho, Trujillo 2018. c. Antecedentes locales Diseño de Muro de Gaviones para la Protección de la Margen Izquierda del Río Mosna en el Tramo km: 17+000 al km: 17+330 en el Distrito de Chavín, aplicando Hec Ras, 2013. Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector Puente Huambacho - distrito de Nepeña - Santa - Ancash.</p> <p>2. Bases teóricas - Evaluación hidrológica - Evaluación geomorfológica - Evaluación hidráulica - Evaluación estructural - Evaluación social - Diseño hidráulico - Diseño estructural</p>	<p>El tipo de investigación es descriptivo.</p> <p>El nivel de la investigación es cualitativo. El diseño de la investigación es no experimental. El universo y la muestra de la investigación es definido por la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash. Diseño de la investigación, Las variables fueron definidas de acuerdo al proyecto y es el siguiente: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis. Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación no experimental y análisis documental. Los instrumentos fueron: Fichas de recolección de datos de campo, reporte de análisis de laboratorio de suelos, recolección de datos meteorológicos y levantamiento topográfico. Plan de análisis consistió en: análisis descriptivo, procesamiento de datos y resultados finales.</p>	<p>(6) Castro Castillo, Fiorela y Sánchez Poma, Alex Francis. Diseño Hidráulico y Estructural de Defensa Ribereña en el Río Moche, entre el Tramo Cerro Blanco-Menocucho, Trujillo 2018. Tesis (Ingeniería Civil). Lima-Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019. (7) Cochachin Villanueva, Roger David. Diseño de Muro de Gaviones para la Protección de la Margen Izquierda del Río Mosna en el Tramo Km: 17+000 Al Km: 17+330 en el Distrito de Chavín, Aplicando Hec Ras, 2013. Tesis (Ingeniería Agrícola). Huaraz-Perú. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola, 2014. (8) Otiniano Arribasplata, Dennis Alberto y Cielo Saldaña, Julio Vicente. Diseño Hidráulico y Estructural de la Defensa Ribereña del Río Nepeña, Sector Puente Huambacho - Distrito de Nepeña - Santa - Ancash. Tesis (Ingeniería Civil). Nuevo Chimbote-Perú. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2016.</p>

Fuente: Elaboración propia (2021)

3.9 Principios éticos

El código ético tiene como propósito la promoción del conocimiento y bien común expresada en principios y valores éticos que guían la investigación en la universidad.

Principios que rigen la actividad investigadora

- **Protección a las personas:** La persona en toda investigación es el fin y no el medio, por ello necesitan cierto grado de protección, el cual se determinará de acuerdo al riesgo en que incurran y la probabilidad de que obtengan un beneficio. Por ello, en la presente investigación se evidenciará cumpliendo el protocolo de asentimiento informado, donde se indica que en la investigación no se usará su nombre, por lo que la identidad de los participantes de la población del distrito de Ticapampa estará protegida.
- **Libre participación y derecho a estar informado:** En toda investigación se debe contar con la manifestación de voluntad, informada, libre, inequívoca y específica; mediante la cual las personas como sujetos investigadores de los datos consienten el uso de la información para los fines específicos establecidos. Es así que, en la presente investigación se evidenciará presentando los formatos del consentimiento informado a las autoridades respectivas y población del distrito de Ticapampa, para obtener el permiso de acceder a la información requerida para la investigación.
- **Beneficencia y no maleficencia:** Asegurar el bienestar es decir la conducta del investigador debe responder a las siguientes reglas generales:

no causar daño, disminuir los posibles efectos adversos y maximizar los beneficios. Por lo tanto, en la presente investigación se evidencia manteniendo una conducta adecuada con los pobladores involucrados en la investigación, asegurando el cuidado del entorno de las viviendas del distrito de Ticapampa.

- **Integridad científica:** La integridad o rectitud deben regir no solo la actividad científica de un investigador, sino que debe extenderse a sus actividades de enseñanza y a su ejercicio profesional. En cuanto a la presente investigación se evidenciará mediante la práctica íntegra y transparente de la política del servicio antiplagio de la universidad por medio del uso del programa Turnitin que somete al análisis de similitud para obtener los derechos de autor y propiedad intelectual.

Los principios éticos del presente proyecto de investigación, se basa en poder desenvolverse en el ámbito profesional, que la única beneficiada será la sociedad y la población del distrito de Ticapampa, brindándole un proyecto de defensa ribereña, para mejorar su calidad de vida. Los resultados servirán para desarrollar un proyecto en beneficio del distrito de Ticapampa y sus alrededores.

IV. Resultados

4.1 Resultados

En el presente trabajo de investigación se realizó la evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa margen derecha sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca - Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash. El trabajo de campo y gabinete permitió recolectar información de la defensa ribereña, para determinar la situación actual y el estado en que se encuentra y así plantear su mejora, ya que la obra tiene aproximadamente 10 años de construido con diversos mantenimientos de la estructura en el transcurso de los años (24).

4.1.1 Características generales

a) Ubicación del estudio

- Ubicación geográfica:

Coordenadas UTM: N: 8'919,400 al 8'921,400 m

E: 231,600 al 2325,700 m

Altitud : 3,437.00 al 3,465.00 m.s.n.m

Progresiva : 173+000 km al 175+000 km de la
carretera Pativilca-Huaraz, distrito de
Ticapampa, provincia de Recuay, departamento
de Ancash.

- Ubicación política:

Región : Ancash

Departamento : Ancash

Provincia : Recuay. Distrito

: Ticapampa. Sector :

Santa Gertrudis.

b) Clima

El clima de la zona de estudio es variable; la temperatura varia de -1°C a 20°C y la precipitación varia de 0.00 mm a 1296.00 mm.

c) Vivienda

Las viviendas de la zona de estudio están construidas de abobe o tapial con techo de teja en su mayoría.

d) Servicios públicos

La zona de estudio cuenta con energía eléctrica, agua potable, desagüe y telefonía.

e) Población

La zona de estudio tiene una población de 106 habitantes.

f) Aspecto económico

La población de la zona de estudio se dedica a la agricultura, ganadería y turismo.

g) Vías de acceso

Huaraz-Ticapampa: 35.00 km mediante la carretera Huaraz-Conococha-Lima.

Ticapampa-Zona de estudio: 0.50 km por trocha carrozable en dirección al río Santa aguas arriba.

4.1.2 Evaluación de la defensa ribereña

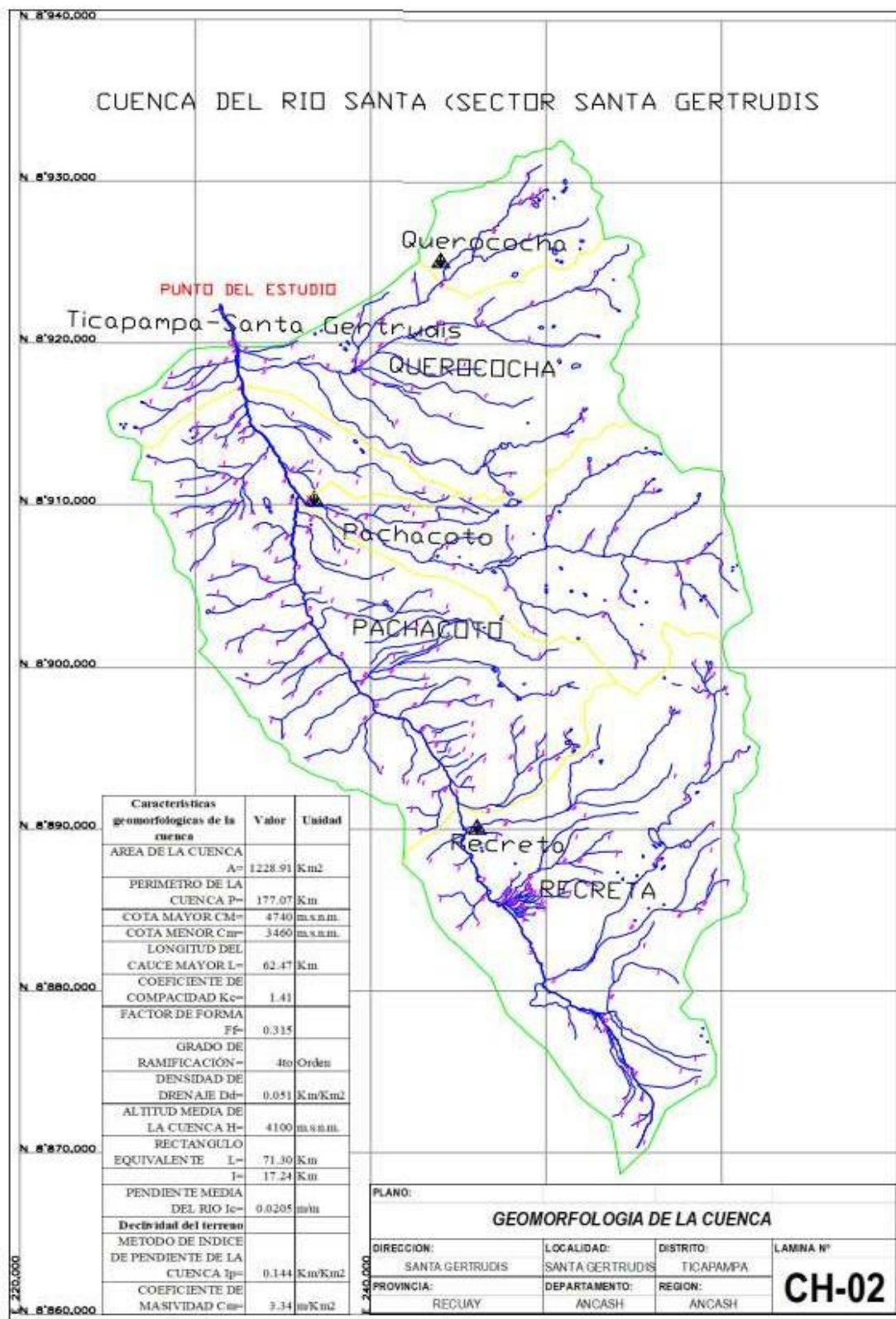
a) Evaluación hidrológica

Se delimito las cuencas y sub cuencas de la zona de estudio, se recolecto información de los caudales medios mensuales y máximos anuales para determinar el caudal máximo con el periodo de retorno de 100 años para zonas urbanas (25).

Geomorfología de la cuenca del río Santa en el sector Santa Gertrudis

La delimitación de la Cuenca del Río Santa se ha realizado en Carta Nacional de IGN, a escala 1/100000. Coordenadas UTM WGS 84 Zona 18S, cuyas características geomorfológicas son:

Gráfico 04: Delimitación y parámetros geomorfológicos de la cuenca en estudio



Fuente: Elaboración propia

Área de la cuenca

Es la magnitud más importante que define la cuenca. El tamaño relativo de estos espacios hidrológicos define o determinan, aunque no de manera rígida, los nombres de Microcuenca, Subcuenca o Cuenca (26).

Cuadro 03: Tamaño relativo de los sistemas hidrológicos

Unidad Hidrográfica	Área (Km ²)	Nº de Orden
Microcuenca (Pequeña)	Menos de 100	1 °, 2° o 3 °
Subcuenca (Mediana)	100 – 700	4 °, 5 °
Cuenca (Grande)	Más de 700	6 ° a más

Fuente: Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía – HIDRORED.

El área de las Subcuenca que corresponde al estudio se muestra es la siguiente.

Cuadro 04: Denominación y tamaño del área de estudio

Denominación de la quebrada o río	Área (Km ²)	Tamaño relativo
Cuenca aporte al proyecto	1,228.91	Cuenca

Fuente: Elaboración propia

Perímetro de la cuenca

Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular, se obtiene después de delimitar la cuenca.

Cuadro 05: Denominación y tamaño del perímetro de la cuenca

Denominación de la quebrada	Perímetro (Km)
Cuenca aporte	177.07

Fuente: Elaboración Propia

Factor de Forma (F)

Expresa la relación, entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud, es decir, una cuenca con un factor de forma bajo está menos sujeto a crecidas que una de la misma área y mayor factor de forma (27).

$$F = \frac{Ac}{L^2} \dots \dots \dots \dots \dots \dots 4$$

Donde:

Ac= Área de la cuenca

L= Longitud de cauce

Cuadro 06: Factor de forma del área de estudio

Denominación de la quebrada	Factor forma
Cuenca aporte	0.315

Fuente: Elaboración propia

Coefficiente o Índice de Compacidad (K)

Indica la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y el perímetro de la circunferencia de área que es igual a la de la cuenca. Cuando mayor sea la irregularidad de la cuenca, mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular tendrá un coeficiente de compacidad mínima cuando sea igual a la unidad (28).

$$K = 0,28 \times \frac{Pc}{\sqrt{Ac}} \dots \dots \dots \dots \dots \dots 5$$

Donde:

Pc= Perímetro de la cuenca

Ac= Área de la cuenca

Cuadro 07: Formas de la Cuenca de acuerdo al Índice de Compacidad

Clase de forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.00 – 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 – 1.50	Oval - redonda a oval - oblonga
Clase III	1.51 – 1.75	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía-HIDRORED.

Cuadro 08: Índice de compacidad del área de estudio

Denominación de la quebrada	Índice Comp. (Kc)	Clase y Forma de la Subcuenca
Cuenca	1.41	Clase II - oval - redonda a oval - oblonga

Fuente: Elaboración propia

Elevación media de la cuenca de aporte (Z_c)

La elevación media de la cuenca, permite evaluar las características del caudal medio en el área de estudio de la cuenca (29).

Cuadro 09: Elevación media de la cuenca

Denominación de la quebrada	Elevación media (Z_c) (m.sn.m.)
Cuenca	4100

Fuente: Elaboración propia

Pendiente de la cuenca (S_c)

El cálculo de la pendiente de una cuenca es de mucha utilidad para el estudio de control de erosión y transporte de sedimentos, control de avenidas, etc (30).

Cuadro 10: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente promedio de laderas

Pend. Media (%)	Tipo de Relieve	Símbolo
0 - 3	Plano	P1
3 - 7	Suave	P2
7 - 12	Mediano	P3
12 - 20	Accidentado	P4
20 - 35	Fuerte	P5
35 - 50	Muy fuerte	P6
50 - 75	Escarpado	P7
75 a mas	Muy escarpado	P8

Fuente: Red Latinoamericana de Micro Hidroenergía- HIDRORED

Cuadro 11: Pendiente de cuenca del área de estudio

Denominación de la quebrada	Sc (%)	Tipo de relieve y Símbolo
Cuenca aporte	2.05	Plano – P1

Fuente: Elaboración propia.

Longitud del cauce principal (L cauce)

Es la longitud del cauce principal.

Cuadro 12: Longitud del cauce principal del área de estudio

Denominación de la quebrada	Longitud de cauce (Km)
Cuenca aporte	62.47

Fuente: Elaboración propia.

Pendiente de cauce (Sc)

Es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud.

Cuadro13: Pendiente de cauce principal del área de estudio

Denominación de la quebrada	S cauce (m/m)
Cuenca aporte	0.0205

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 14: Resumen de características geomorfológicas de la cuenta de estudio

Características geomorfológicas de la cuenca	Valor	Unidad
Área de la cuenca A_c =	1228.91	Km ²
Perímetro de la cuenca P_c =	177.07	Km
Cota mayor CM =	4740	M.s.n.m.
Cota menor C_m =	3460	M.s.n.m.
Longitud del cauce mayor L_c =	62.47	Km
Coefficiente de compacidad K_c =	1.41	
Factor de forma F =	0.315	
Grado de ramificación=	4to	Orden
Densidad de drenaje D_d =	0.051	Km/km ²
Altitud media de la cuenca Z_c =	4100	M.s.n.m.
Rectángulo equivalente L =	71.30	Km
l =	17.24	Km
Pendiente media del río I_c =	0.0205	M/m
Declividad del terreno		
Índice de pendiente de la cuenca I_p =	0.144	Km/km ²
Coefficiente de masividad cm =	3.34	M/km ²

Fuente: Elaboración propia.

Características del río Santa en el sector Santa Gertrudis

El río Santa desde su nacimiento con las aguas del glaciar Tuco que configura la laguna de Conococha hasta el sector Santa Gertrudis comprende 1,228.91 km² de área de cuenca y una longitud de cauce de 62.47 km. La red de drenaje permanente identificados para la zona de estudio son el río Santa, Yanayacu y Pachacoto, delimitando la cuenca y la sub cuenca de cada río, obteniendo características de los

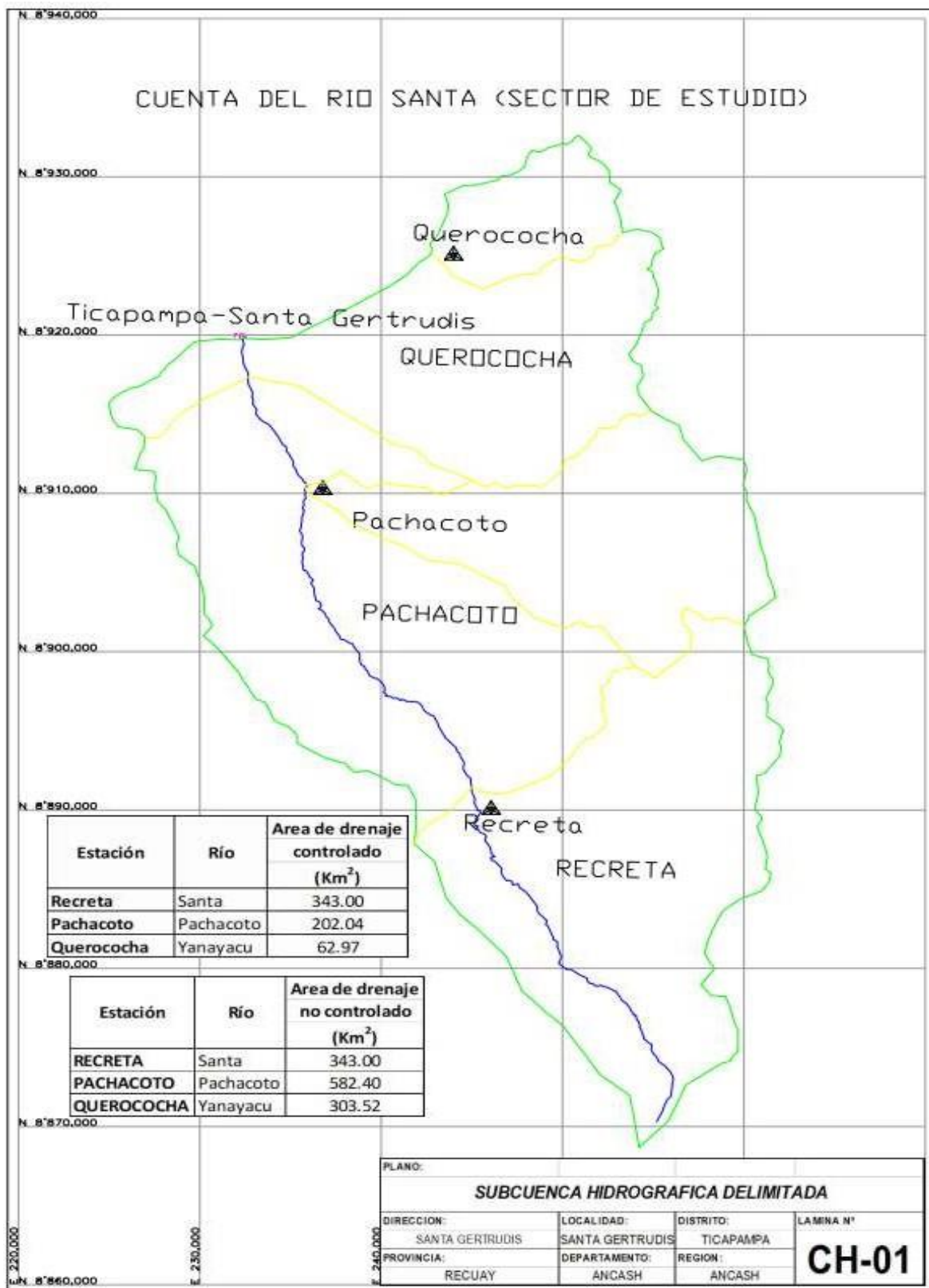
ríos permanentes y no permanentes y obtener la ecuación corregida del caudal de diseño para el sector Santa Gertrudis.

Cuadro 15: Características de los ríos permanentes

Río	Longitud (Km)	Pendiente (%)	Área (Km²)
Pachacoto	28.54	4.20	202.04
Querococha	24.62	4.00	62.97

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 05: Delimitación de la cuenca y sub cuenca de estudio



Fuente: Elaboración Propia

Prueba de bondad de ajuste a una distribución de valor extremo

Para el análisis de datos hidrométricos, se realizó las pruebas de ajuste como son: análisis de doble masa, Kolmogorov- Smirnov y Chi-cuadrado. Las pruebas fueron aplicadas a los datos de registro de caudales de las estaciones Recreta, Pachacoto y Querococha para un correcto diseño.

Cuadro 16: Ubicación de las estaciones Hidrométricas.

Nº	Estación	Latitud "S"	Longitud "W"	Altitud (m.s.n.m.)
1	Recreta	10° 2'	77° 19'	4000
2	Pachacoto	9° 51'	77° 24'	3750
3	Querococha	9° 43'	77° 20'	3955

Fuente: HIDROSERVICE. Estudio integral para el aprovechamiento de la cuenca del río Santa.

Cuadro 17: Registro de caudal máximo anual.

Registro de caudal máximo anual				
N°	Año	Recreta	Pachacoto	Querococha
1	1953	18.40	27.00	6.94
2	1954	38.20	41.00	7.95
3	1955	23.50	23.00	6.50
4	1956	23.00	26.30	6.77
5	1957	21.50	24.20	6.39
6	1958	38.00	23.50	6.26
7	1959	25.78	25.40	8.90
8	1960	21.48	26.60	8.00
9	1961	37.60	36.00	9.40
10	1962	34.10	34.96	7.56
11	1963	27.01	24.40	5.88
12	1964	21.97	15.88	9.10
13	1965	17.08	23.60	6.52
14	1966	29.09	34.00	9.80
15	1967	8.80	17.90	4.93
16	1968	13.20	18.16	3.98
17	1969	39.90	33.00	6.87
18	1970	40.00	31.28	6.70
19	1971	53.55	57.00	8.90
20	1972	26.96	23.58	5.80
21	1973	40.35	41.00	7.48
22	1974	27.65	18.15	10.72
23	1975	31.26	21.68	10.21
24	1976	25.19	26.70	8.97
25	1977	11.90	21.50	8.13
26	1978	23.10	27.00	8.96
27	1979	6.17	17.16	4.89
28	1980	54.70	52.00	9.40
29	1981	38.80	39.30	10.78
30	1982	53.85	50.19	11.51
31	1983	54.17	50.45	11.56
32	1984	54.47	50.71	11.61
33	1985	54.77	50.96	11.65
34	1986	55.06	51.20	11.69
35	1987	55.34	51.44	11.74
36	1988	55.61	51.67	11.78
37	1989	55.88	51.89	11.82
38	1990	56.14	52.11	11.86
39	1991	56.39	52.32	11.89
40	1992	56.63	52.52	11.93
41	1993	56.87	52.73	11.97
42	1994	57.10	52.92	12.00
43	1995	57.33	53.11	12.03
44	1996	57.55	53.30	12.07
45	1997	57.77	53.48	12.10
46	1998	57.98	53.66	12.13
47	1999	58.19	53.83	12.16
48	2000	58.40	54.01	12.19
49	2001	58.60	54.17	12.22
50	2002	58.79	54.34	12.25
51	2003	58.98	54.50	12.28
52	2004	59.17	54.66	12.31
53	2005	59.35	54.81	12.34
54	2006	59.54	54.96	12.36
55	2007	59.71	55.11	12.39

56	2008	59.89	55.26	12.42
57	2009	60.06	55.40	12.44
58	2010	60.23	55.54	12.47
59	2011	60.39	55.68	12.49
60	2012	60.55	55.82	12.52
61	2013	60.71	55.95	12.54
62	2014	60.87	56.08	12.56
63	2015	61.03	56.21	12.59
64	2016	61.18	56.34	12.61
65	2017	61.33	56.47	12.63
66	2018	61.48	56.59	12.65
67	2019	61.62	56.71	12.68
68	2020	61.76	56.83	12.70

Fuente: Hidrandina.

- Método análisis de doble masa

Esta prueba fue aplicada a los datos de los registros de caudales de las estaciones de Recreta, Pachacoto y Querococha llegando a determinar la consistencia y confiabilidad de estos datos.

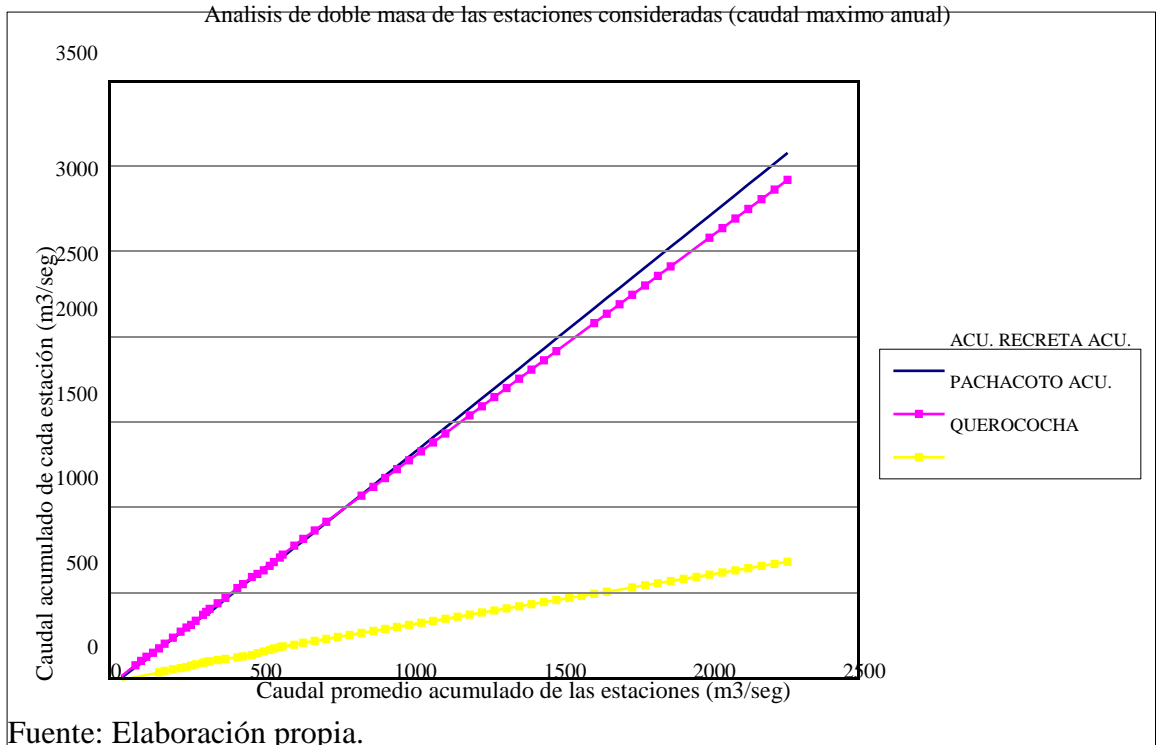
Cuadro 18: Análisis de doble masa de las estaciones consideradas.

Análisis de doble masa de las estaciones consideradas (caudal máximo anual)								
N°	Año	Recreta	Pachacoto	Querococha	Pro-acumulado	Acu. Recreta	Acu. Pachacoto	Acu. Querococha
1	1953	18.40	27.00	6.94	17.45	18.40	27.00	6.94
2	1954	38.20	41.00	7.95	46.50	56.60	68.00	14.89
3	1955	23.50	23.00	6.50	64.16	80.10	91.00	21.39
4	1956	23.00	26.30	6.77	82.85	103.10	117.30	28.16
5	1957	21.50	24.20	6.39	100.22	124.60	141.50	34.55
6	1958	38.00	23.50	6.26	122.80	162.60	165.00	40.81
7	1959	25.78	25.40	8.90	142.83	188.38	190.40	49.71
8	1960	21.48	26.60	8.00	161.52	209.86	217.00	57.71
9	1961	37.60	36.00	9.40	189.19	247.46	253.00	67.11
10	1962	34.10	34.96	7.56	214.73	281.56	287.96	74.67
11	1963	27.01	24.40	5.88	233.83	308.57	312.36	80.55
12	1964	21.97	15.88	9.10	249.48	330.54	328.24	89.65
13	1965	17.08	23.60	6.52	265.21	347.62	351.84	96.17
14	1966	29.09	34.00	9.80	289.51	376.71	385.84	105.97
15	1967	8.80	17.90	4.93	300.05	385.51	403.74	110.90
16	1968	13.20	18.16	3.98	311.83	398.71	421.90	114.88
17	1969	39.90	33.00	6.87	338.42	438.61	454.90	121.75
18	1970	40.00	31.28	6.70	364.41	478.61	486.18	128.45
19	1971	53.55	57.00	8.90	404.23	532.16	543.18	137.35
20	1972	26.96	23.58	5.80	423.01	559.12	566.76	143.15
21	1973	40.35	41.00	7.48	452.62	599.47	607.76	150.63
22	1974	27.65	18.15	10.72	471.46	627.12	625.91	161.35
23	1975	31.26	21.68	10.21	492.51	658.38	647.59	171.56
24	1976	25.19	26.70	8.97	512.80	683.57	674.29	180.53

25	1977	11.90	21.50	8.13	526.64	695.47	695.79	188.66
26	1978	23.10	27.00	8.96	546.33	718.57	722.79	197.62
27	1979	6.17	17.16	4.89	555.73	724.74	739.95	202.51
28	1980	54.70	52.00	9.40	594.43	779.44	791.95	211.91
29	1981	38.80	39.30	10.78	624.06	818.24	831.25	222.69
30	1982	53.85	50.19	11.51	662.58	872.09	881.44	234.20
31	1983	54.17	50.45	11.56	701.30	926.26	931.89	245.76
32	1984	54.47	50.71	11.61	740.24	980.73	982.61	257.37
33	1985	54.77	50.96	11.65	779.36	1035.50	1033.57	269.02
34	1986	55.06	51.20	11.69	818.68	1090.56	1084.77	280.72
35	1987	55.34	51.44	11.74	858.19	1145.90	1136.21	292.46
36	1988	55.61	51.67	11.78	897.88	1201.52	1187.88	304.23
37	1989	55.88	51.89	11.82	937.74	1257.39	1239.77	316.05
38	1990	56.14	52.11	11.86	977.77	1313.53	1291.88	327.91
39	1991	56.39	52.32	11.89	1017.97	1369.92	1344.20	339.80
40	1992	56.63	52.52	11.93	1058.33	1426.55	1396.72	351.73
41	1993	56.87	52.73	11.97	1098.86	1483.42	1449.45	363.69
42	1994	57.10	52.92	12.00	1139.53	1540.53	1502.37	375.69
43	1995	57.33	53.11	12.03	1180.36	1597.86	1555.48	387.73
44	1996	57.55	53.30	12.07	1221.33	1655.41	1608.78	399.80
45	1997	57.77	53.48	12.10	1262.45	1713.18	1662.26	411.90
46	1998	57.98	53.66	12.13	1303.71	1771.17	1715.92	424.03
47	1999	58.19	53.83	12.16	1345.10	1829.36	1769.76	436.19
48	2000	58.40	54.01	12.19	1386.63	1887.76	1823.76	448.39
49	2001	58.60	54.17	12.22	1428.30	1946.35	1877.93	460.61
50	2002	58.79	54.34	12.25	1470.09	2005.14	1932.27	472.86
51	2003	58.98	54.50	12.28	1512.01	2064.12	1986.77	485.14
52	2004	59.17	54.66	12.31	1554.06	2123.29	2041.42	497.45
53	2005	59.35	54.81	12.34	1596.22	2182.65	2096.23	509.79
54	2006	59.54	54.96	12.36	1638.51	2242.18	2151.20	522.16
55	2007	59.71	55.11	12.39	1680.92	2301.90	2206.31	534.55
56	2008	59.89	55.26	12.42	1723.44	2361.78	2261.56	546.96
57	2009	60.06	55.40	12.44	1766.07	2421.84	2316.97	559.41
58	2010	60.23	55.54	12.47	1808.82	2482.07	2372.51	571.87
59	2011	60.39	55.68	12.49	1851.67	2542.46	2428.19	584.37
60	2012	60.55	55.82	12.52	1894.63	2603.01	2484.01	596.88
61	2013	60.71	55.95	12.54	1937.70	2663.73	2539.96	609.42
62	2014	60.87	56.08	12.56	1980.88	2724.60	2596.04	621.99
63	2015	61.03	56.21	12.59	2024.15	2785.62	2652.26	634.57
64	2016	61.18	56.34	12.61	2067.53	2846.80	2708.60	647.18
65	2017	61.33	56.47	12.63	2111.00	2908.13	2765.07	659.82
66	2018	61.48	56.59	12.65	2154.58	2969.61	2821.66	672.47
67	2019	61.62	56.71	12.68	2198.25	3031.23	2878.37	685.15
68	2020	61.76	56.83	12.70	2242.01	3092.99	2935.21	697.84

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 06: Análisis Doble masa de las estaciones consideradas.



- Método Kolmogorov-Smirnov

Esta prueba fue aplicada a los datos de los registros de caudales de las estaciones de Recreta, Pachacoto y Querococha llegando a determinar la falta de consistencia y confiabilidad de estos datos.

Cuadro 19: Logaritmo del caudal de la estación Recreta.

Datos de caudales máximos anuales				
Río		: SANTA		
Estación:		: RECRETA		
Nº	Año	X = Q máx	Y = Ln X	
1	1953	18.40	2.912	
2	1954	38.20	3.643	
3	1955	23.50	3.157	
4	1956	23.00	3.135	
5	1957	21.50	3.068	
6	1958	38.00	3.638	
7	1959	25.78	3.250	
8	1960	21.48	3.067	
9	1961	37.60	3.627	
10	1962	34.10	3.529	
11	1963	27.01	3.296	

12	1964	21.97	3.090
13	1965	17.08	2.838
14	1966	29.09	3.370
15	1967	8.80	2.175
16	1968	13.20	2.580
17	1969	39.90	3.686
18	1970	40.00	3.689
19	1971	53.55	3.981
20	1972	26.96	3.294
21	1973	40.35	3.698
22	1974	27.65	3.320
23	1975	31.26	3.442
24	1976	25.19	3.226
25	1977	11.90	2.477
26	1978	23.10	3.140
27	1979	6.17	1.820
28	1980	54.70	4.002
29	1981	38.80	3.658
30	1982	53.85	3.986
31	1983	54.17	3.992
32	1984	54.47	3.998
33	1985	54.77	4.003
34	1986	55.06	4.008
35	1987	55.34	4.014
36	1988	55.61	4.018
37	1989	55.88	4.023
38	1990	56.14	4.028
39	1991	56.39	4.032
40	1992	56.63	4.037
41	1993	56.87	4.041
42	1994	57.10	4.045
43	1995	57.33	4.049
44	1996	57.55	4.053
45	1997	57.77	4.056
46	1998	57.98	4.060
47	1999	58.19	4.064
48	2000	58.40	4.067
49	2001	58.60	4.071
50	2002	58.79	4.074
51	2003	58.98	4.077
52	2004	59.17	4.080
53	2005	59.35	4.084
54	2006	59.54	4.087
55	2007	59.71	4.090
56	2008	59.89	4.092
57	2009	60.06	4.095
58	2010	60.23	4.098
59	2011	60.39	4.101
60	2012	60.55	4.104
61	2013	60.71	4.106
62	2014	60.87	4.109
63	2015	61.03	4.111
64	2016	61.18	4.114
65	2017	61.33	4.116
66	2018	61.48	4.119
67	2019	61.62	4.121
68	2020	61.76	4.123
		3,092.99	8.037
	N° de datos=	68.00	
	Media	45.49	3.711
	Desviación	16.97	0.527
	Varianza	287.97	0.278
	Asimetría	-0.79	-1.559
	Coef. Variación (v)	0.373	0.142
	Máximo	61.76	4.123
	Mínimo	6.17	1.820
	Rango	55.59	2.303

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov estación Recreta.

Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov							
F*(Xi)	Distribución probabilística						
	Normal		Log-normal 2 para.		Gumbel		
	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]	
0.015	0.055	0.041	0.065	0.050	0.013	0.002	
0.029	0.334	0.304	0.449	0.419	0.378	0.348	
0.044	0.098	0.053	0.147	0.102	0.052	0.008	
0.059	0.093	0.034	0.137	0.079	0.046	0.012	
0.074	0.079	0.005	0.111	0.038	0.032	0.041	
0.088	0.330	0.241	0.445	0.356	0.372	0.284	
0.103	0.123	0.020	0.191	0.088	0.083	0.020	
0.118	0.079	0.039	0.111	0.007	0.032	0.086	
0.132	0.321	0.189	0.437	0.304	0.361	0.229	
0.147	0.251	0.104	0.365	0.218	0.265	0.118	
0.162	0.138	0.024	0.216	0.054	0.103	0.058	
0.176	0.083	0.094	0.119	0.057	0.036	0.140	
0.191	0.047	0.144	0.049	0.142	0.008	0.183	
0.206	0.167	0.039	0.259	0.053	0.144	0.062	
0.221	0.015	0.205	0.002	0.219	0.000	0.220	
0.235	0.029	0.207	0.016	0.219	0.002	0.234	
0.250	0.371	0.121	0.481	0.231	0.425	0.175	
0.265	0.373	0.109	0.483	0.219	0.427	0.163	
0.279	0.683	0.403	0.696	0.416	0.737	0.458	
0.294	0.137	0.157	0.215	0.080	0.103	0.192	
0.309	0.381	0.072	0.490	0.181	0.437	0.128	
0.324	0.147	0.177	0.229	0.095	0.115	0.208	
0.338	0.201	0.137	0.305	0.033	0.193	0.145	
0.353	0.116	0.237	0.179	0.174	0.074	0.279	
0.368	0.024	0.344	0.010	0.358	0.001	0.367	
0.382	0.094	0.289	0.139	0.243	0.047	0.335	
0.397	0.010	0.387	0.000	0.397	0.000	0.397	
0.412	0.706	0.295	0.709	0.298	0.756	0.344	
0.426	0.347	0.080	0.460	0.034	0.394	0.032	
0.441	0.689	0.248	0.699	0.258	0.742	0.301	
0.456	0.696	0.240	0.703	0.247	0.747	0.291	
0.471	0.702	0.231	0.707	0.236	0.752	0.282	
0.485	0.708	0.223	0.710	0.225	0.757	0.272	
0.500	0.714	0.214	0.714	0.214	0.762	0.262	
0.515	0.719	0.205	0.717	0.202	0.766	0.251	
0.529	0.725	0.195	0.720	0.191	0.770	0.241	
0.544	0.730	0.186	0.723	0.179	0.774	0.230	
0.559	0.735	0.176	0.726	0.167	0.778	0.219	
0.574	0.740	0.166	0.729	0.155	0.782	0.208	
0.588	0.744	0.156	0.732	0.143	0.785	0.197	
0.603	0.749	0.146	0.734	0.131	0.789	0.186	
0.618	0.753	0.136	0.737	0.119	0.792	0.174	
0.632	0.757	0.125	0.739	0.107	0.795	0.163	
0.647	0.762	0.114	0.742	0.095	0.798	0.151	
0.662	0.765	0.104	0.744	0.082	0.801	0.139	
0.676	0.769	0.093	0.746	0.070	0.804	0.127	
0.691	0.773	0.082	0.748	0.057	0.807	0.115	
0.706	0.777	0.071	0.750	0.045	0.809	0.103	
0.721	0.780	0.060	0.753	0.032	0.812	0.091	
0.735	0.784	0.048	0.755	0.019	0.814	0.079	
0.750	0.787	0.037	0.756	0.006	0.817	0.067	
0.765	0.790	0.025	0.758	0.006	0.819	0.054	

0.779	0.793	0.014	0.760	0.019	0.821	0.042
0.794	0.796	0.002	0.762	0.032	0.824	0.029
0.809	0.799	0.010	0.764	0.045	0.826	0.017
0.824	0.802	0.022	0.765	0.058	0.828	0.004
0.838	0.805	0.033	0.767	0.071	0.830	0.008
0.853	0.807	0.045	0.769	0.084	0.832	0.021
0.868	0.810	0.058	0.770	0.097	0.834	0.034
0.882	0.813	0.070	0.772	0.111	0.835	0.047
0.897	0.815	0.082	0.773	0.124	0.837	0.060
0.912	0.818	0.094	0.775	0.137	0.839	0.073
0.926	0.820	0.106	0.776	0.150	0.841	0.086
0.941	0.822	0.119	0.778	0.164	0.842	0.099
0.956	0.825	0.131	0.779	0.177	0.844	0.112
0.971	0.827	0.144	0.780	0.190	0.846	0.125
0.985	0.829	0.156	0.782	0.204	0.847	0.138
1.000	0.831	0.169	0.783	0.217	0.849	0.151
Estadígrafo de contraste "D"		0.403		0.419		0.458
Estadígrafo Crítico "C "		0.165		0.165		0.165
Niv. Signif. =		0.05		0.05		0.05
Criterio de decisión						
D < C:		Falso		Falso		Falso
D > C:		Sin ajuste		Sin ajuste		Sin ajuste
Parámetros de ajuste:						
Alfa =		45.49		3.711		0.07558
Beta =		16.97		0.527		37.85
Conclusión:						
No se ajusta a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov						

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 21: Logaritmo del caudal de la estación Pachacoto.

Datos de caudales máximos anuales				
Río		: SANTA		
Estación:		: PACHACOTO		
Nº	Año	X = Q máx	Y = Ln X	
1	1953	27.00	3.296	
2	1954	41.00	3.714	
3	1955	23.00	3.135	
4	1956	26.30	3.270	
5	1957	24.20	3.186	
6	1958	23.50	3.157	
7	1959	25.40	3.235	
8	1960	26.60	3.281	
9	1961	36.00	3.584	
10	1962	34.96	3.554	
11	1963	24.40	3.195	
12	1964	15.88	2.765	
13	1965	23.60	3.161	
14	1966	34.00	3.526	
15	1967	17.90	2.885	
16	1968	18.16	2.899	
17	1969	33.00	3.497	
18	1970	31.28	3.443	
19	1971	57.00	4.043	
20	1972	23.58	3.160	
21	1973	41.00	3.714	
22	1974	18.15	2.899	

23	1975	21.68	3.076
24	1976	26.70	3.285
25	1977	21.50	3.068
26	1978	27.00	3.296
27	1979	17.16	2.843
28	1980	52.00	3.951
29	1981	39.30	3.671
30	1982	50.19	3.916
31	1983	50.45	3.921
32	1984	50.71	3.926
33	1985	50.96	3.931
34	1986	51.20	3.936
35	1987	51.44	3.940
36	1988	51.67	3.945
37	1989	51.89	3.949
38	1990	52.11	3.953
39	1991	52.32	3.957
40	1992	52.52	3.961
41	1993	52.73	3.965
42	1994	52.92	3.969
43	1995	53.11	3.972
44	1996	53.30	3.976
45	1997	53.48	3.979
46	1998	53.66	3.983
47	1999	53.83	3.986
48	2000	54.01	3.989
49	2001	54.17	3.992
50	2002	54.34	3.995
51	2003	54.50	3.998
52	2004	54.66	4.001
53	2005	54.81	4.004
54	2006	54.96	4.007
55	2007	55.11	4.009
56	2008	55.26	4.012
57	2009	55.40	4.015
58	2010	55.54	4.017
59	2011	55.68	4.020
60	2012	55.82	4.022
61	2013	55.95	4.024
62	2014	56.08	4.027
63	2015	56.21	4.029
64	2016	56.34	4.031
65	2017	56.47	4.034
66	2018	56.59	4.036
67	2019	56.71	4.038
68	2020	56.83	4.040
		2,935.21	7.985
	N° de datos=	68.00	
	Media	43.17	3.696
	Desviación	14.25	0.401
	Varianza	203.03	0.161
	Asimetría	-0.67	-0.897
	Coef. Variación (v)	0.330	0.108
	Máximo	57.00	4.043
	Mínimo	15.88	2.765
Rango	41.12	1.278	

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 22: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov estación Pachacoto.

Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov						
F*(Xi)	Distribución probabilística					
	Normal		Log-normal 2 para.		Gumbel	
	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]
0.015	0.128	0.114	0.159	0.144	0.090	0.076
0.029	0.440	0.410	0.517	0.488	0.505	0.476
0.044	0.079	0.034	0.081	0.037	0.032	0.012
0.059	0.118	0.059	0.144	0.085	0.077	0.018
0.074	0.092	0.018	0.102	0.028	0.045	0.028
0.088	0.084	0.004	0.089	0.001	0.037	0.051
0.103	0.106	0.003	0.125	0.022	0.062	0.041
0.118	0.123	0.005	0.150	0.033	0.083	0.035
0.132	0.308	0.175	0.390	0.257	0.343	0.211
0.147	0.282	0.135	0.362	0.215	0.309	0.162
0.162	0.094	0.068	0.106	0.056	0.048	0.114
0.176	0.028	0.149	0.010	0.166	0.001	0.175
0.191	0.085	0.106	0.091	0.100	0.038	0.153
0.206	0.260	0.054	0.336	0.130	0.278	0.072
0.221	0.038	0.182	0.022	0.199	0.004	0.216
0.235	0.040	0.196	0.023	0.212	0.005	0.230
0.250	0.238	0.012	0.309	0.059	0.246	0.004
0.265	0.202	0.063	0.264	0.001	0.195	0.070
0.279	0.834	0.555	0.807	0.527	0.851	0.571
0.294	0.085	0.209	0.091	0.203	0.038	0.256
0.309	0.440	0.131	0.517	0.209	0.505	0.197
0.324	0.040	0.284	0.023	0.300	0.005	0.319
0.338	0.066	0.272	0.061	0.277	0.021	0.318
0.353	0.124	0.229	0.152	0.200	0.084	0.268
0.368	0.064	0.303	0.059	0.309	0.019	0.348
0.382	0.128	0.254	0.159	0.223	0.090	0.292
0.397	0.034	0.363	0.017	0.380	0.003	0.394
0.412	0.732	0.321	0.738	0.326	0.776	0.364
0.426	0.393	0.033	0.475	0.049	0.452	0.025
0.441	0.689	0.248	0.708	0.267	0.742	0.301
0.456	0.696	0.240	0.713	0.257	0.747	0.291
0.471	0.702	0.231	0.717	0.246	0.752	0.282
0.485	0.708	0.223	0.721	0.236	0.757	0.272
0.500	0.714	0.214	0.725	0.225	0.762	0.262
0.515	0.719	0.205	0.729	0.214	0.766	0.251
0.529	0.725	0.195	0.733	0.203	0.770	0.241
0.544	0.730	0.186	0.736	0.192	0.774	0.230
0.559	0.735	0.176	0.739	0.181	0.778	0.219
0.574	0.740	0.166	0.743	0.169	0.782	0.208
0.588	0.744	0.156	0.746	0.158	0.785	0.197
0.603	0.749	0.146	0.749	0.146	0.789	0.186
0.618	0.753	0.136	0.752	0.134	0.792	0.174
0.632	0.757	0.125	0.755	0.122	0.795	0.163
0.647	0.762	0.114	0.757	0.110	0.798	0.151
0.662	0.765	0.104	0.760	0.098	0.801	0.139
0.676	0.769	0.093	0.763	0.086	0.804	0.127
0.691	0.773	0.082	0.765	0.074	0.807	0.115
0.706	0.777	0.071	0.768	0.062	0.809	0.103
0.721	0.780	0.060	0.770	0.049	0.812	0.091
0.735	0.783	0.048	0.772	0.037	0.814	0.079

0.750	0.787	0.037	0.774	0.024	0.817	0.067
0.765	0.790	0.025	0.777	0.012	0.819	0.054
0.779	0.793	0.014	0.779	0.001	0.821	0.042
0.794	0.796	0.002	0.781	0.013	0.824	0.029
0.809	0.799	0.010	0.783	0.026	0.826	0.017
0.824	0.802	0.022	0.785	0.039	0.828	0.004
0.838	0.805	0.033	0.787	0.052	0.830	0.008
0.853	0.807	0.045	0.788	0.065	0.832	0.021
0.868	0.810	0.058	0.790	0.077	0.834	0.034
0.882	0.813	0.070	0.792	0.090	0.835	0.047
0.897	0.815	0.082	0.794	0.103	0.837	0.060
0.912	0.818	0.094	0.795	0.116	0.839	0.073
0.926	0.820	0.106	0.797	0.130	0.841	0.086
0.941	0.822	0.119	0.799	0.143	0.842	0.099
0.956	0.825	0.131	0.800	0.156	0.844	0.112
0.971	0.827	0.144	0.802	0.169	0.846	0.125
0.985	0.829	0.156	0.803	0.182	0.847	0.138
1.000	0.831	0.169	0.805	0.195	0.849	0.151
Estadígrafo de contraste "D" 0.555 0.527 0.571						
Estadígrafo Crítico " C " 0.165 0.165 0.165						
Niv. Signif. = 0.05 0.05 0.05						
Criterio de decisión						
D < C: Falso Falso Falso						
D > C: Sin ajuste Sin ajuste Sin ajuste						
Parámetros de ajuste:						
Alfa = 43.17 3.696 0.09001						
Beta = 14.25 0.401 36.75						
Conclusión:						

No se ajusta a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 23: Logaritmo del caudal de la estación Querocochoa.

Datos de Caudales Máximos Anuales			
Río : SANTA		Estación: QUEROCOCHA	
Nº	Año	X = Q máx	Y = Ln X
1	1953	6.94	1.937
2	1954	7.95	2.073
3	1955	6.50	1.872
4	1956	6.77	1.913
5	1957	6.39	1.855
6	1958	6.26	1.834
7	1959	8.90	2.186
8	1960	8.00	2.079
9	1961	9.40	2.241
10	1962	7.56	2.023
11	1963	5.88	1.772
12	1964	9.10	2.208
13	1965	6.52	1.875
14	1966	9.80	2.282
15	1967	4.93	1.595
16	1968	3.98	1.381
17	1969	6.87	1.927
18	1970	6.70	1.902

19	1971	8.90	2.186
20	1972	5.80	1.758
21	1973	7.48	2.012
22	1974	10.72	2.372
23	1975	10.21	2.323
24	1976	8.97	2.194
25	1977	8.13	2.096
26	1978	8.96	2.193
27	1979	4.89	1.587
28	1980	9.40	2.241
29	1981	10.78	2.378
30	1982	11.51	2.444
31	1983	11.56	2.448
32	1984	11.61	2.452
33	1985	11.65	2.455
34	1986	11.69	2.459
35	1987	11.74	2.463
36	1988	11.78	2.466
37	1989	11.82	2.470
38	1990	11.86	2.473
39	1991	11.89	2.476
40	1992	11.93	2.479
41	1993	11.97	2.482
42	1994	12.00	2.485
43	1995	12.03	2.488
44	1996	12.07	2.491
45	1997	12.10	2.493
46	1998	12.13	2.496
47	1999	12.16	2.498
48	2000	12.19	2.501
49	2001	12.22	2.503
50	2002	12.25	2.506
51	2003	12.28	2.508
52	2004	12.31	2.510
53	2005	12.34	2.513
54	2006	12.36	2.515
55	2007	12.39	2.517
56	2008	12.42	2.519
57	2009	12.44	2.521
58	2010	12.47	2.523
59	2011	12.49	2.525
60	2012	12.52	2.527
61	2013	12.54	2.529
62	2014	12.56	2.531
63	2015	12.59	2.533
64	2016	12.61	2.534
65	2017	12.63	2.536
66	2018	12.65	2.538
67	2019	12.68	2.540
68	2020	12.70	2.541
		697.84	6.548
	N° de datos=	68.00	
	Media	10.26	2.291
	Desviación	2.54	0.293
	Varianza	6.44	0.086
	Asimetría	-0.85	-1.200
	Coef. Variación (v)	0.247	0.128
	Máximo	12.70	2.541
	Mínimo	3.98	1.381
	Rango	8.72	1.160

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 24: Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov estación Querocochoa.

Prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov						
F*(Xi)	Distribución probabilística					
	Normal		Log-normal 2 para.		Gumbel	
	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]	Fx(Xi)	[F* - Fx]
0.015	0.095	0.081	0.114	0.099	0.049	0.035
0.029	0.181	0.152	0.229	0.199	0.164	0.135
0.044	0.069	0.025	0.076	0.032	0.023	0.021
0.059	0.085	0.026	0.098	0.039	0.038	0.021
0.074	0.064	0.010	0.068	0.005	0.019	0.055
0.088	0.057	0.031	0.059	0.029	0.014	0.074
0.103	0.296	0.193	0.360	0.257	0.327	0.224
0.118	0.186	0.069	0.235	0.117	0.172	0.054
0.132	0.367	0.235	0.432	0.300	0.420	0.288
0.147	0.144	0.003	0.180	0.033	0.111	0.036
0.162	0.042	0.120	0.038	0.124	0.006	0.156
0.176	0.324	0.147	0.389	0.212	0.364	0.188
0.191	0.070	0.121	0.078	0.113	0.024	0.167
0.206	0.428	0.222	0.488	0.282	0.492	0.286
0.221	0.018	0.203	0.009	0.212	0.000	0.220
0.235	0.007	0.229	0.001	0.234	0.000	0.235
0.250	0.091	0.159	0.107	0.143	0.044	0.206
0.265	0.080	0.184	0.092	0.172	0.034	0.231
0.279	0.296	0.016	0.360	0.081	0.327	0.048
0.294	0.039	0.255	0.034	0.260	0.005	0.289
0.309	0.137	0.172	0.171	0.138	0.101	0.207
0.324	0.572	0.248	0.609	0.286	0.641	0.317
0.338	0.492	0.154	0.544	0.206	0.562	0.224
0.353	0.305	0.048	0.370	0.017	0.340	0.013
0.368	0.201	0.167	0.252	0.115	0.192	0.175
0.382	0.304	0.078	0.369	0.014	0.338	0.044
0.397	0.017	0.380	0.008	0.389	0.000	0.397
0.412	0.367	0.045	0.432	0.020	0.420	0.008
0.426	0.581	0.154	0.616	0.190	0.649	0.223
0.441	0.689	0.248	0.699	0.258	0.742	0.301
0.456	0.696	0.240	0.704	0.248	0.747	0.291
0.471	0.702	0.231	0.708	0.238	0.752	0.282
0.485	0.708	0.223	0.713	0.227	0.757	0.272
0.500	0.714	0.214	0.717	0.217	0.762	0.262
0.515	0.719	0.205	0.721	0.206	0.766	0.251
0.529	0.725	0.195	0.725	0.196	0.770	0.241
0.544	0.730	0.186	0.729	0.185	0.774	0.230
0.559	0.735	0.176	0.733	0.174	0.778	0.219
0.574	0.740	0.166	0.736	0.163	0.782	0.208
0.588	0.744	0.156	0.740	0.151	0.785	0.197
0.603	0.749	0.146	0.743	0.140	0.789	0.186
0.618	0.753	0.136	0.746	0.128	0.792	0.174
0.632	0.757	0.125	0.749	0.117	0.795	0.163
0.647	0.762	0.114	0.752	0.105	0.798	0.151
0.662	0.765	0.104	0.755	0.093	0.801	0.139
0.676	0.769	0.093	0.758	0.081	0.804	0.127
0.691	0.773	0.082	0.761	0.069	0.807	0.115
0.706	0.777	0.071	0.763	0.057	0.809	0.103
0.721	0.780	0.060	0.766	0.045	0.812	0.091
0.735	0.784	0.048	0.768	0.033	0.814	0.079

0.750	0.787	0.037	0.771	0.021	0.817	0.067
0.765	0.790	0.025	0.773	0.008	0.819	0.054
0.779	0.793	0.014	0.775	0.004	0.821	0.042
0.794	0.796	0.002	0.778	0.017	0.824	0.029
0.809	0.799	0.010	0.780	0.029	0.826	0.017
0.824	0.802	0.022	0.782	0.042	0.828	0.004
0.838	0.805	0.033	0.784	0.054	0.830	0.008
0.853	0.807	0.045	0.786	0.067	0.832	0.021
0.868	0.810	0.058	0.788	0.080	0.834	0.034
0.882	0.813	0.070	0.790	0.093	0.835	0.047
0.897	0.815	0.082	0.792	0.105	0.837	0.060
0.912	0.818	0.094	0.793	0.118	0.839	0.073
0.926	0.820	0.106	0.795	0.131	0.841	0.086
0.941	0.822	0.119	0.797	0.144	0.842	0.099
0.956	0.825	0.131	0.799	0.157	0.844	0.112
0.971	0.827	0.144	0.800	0.170	0.846	0.125
0.985	0.829	0.156	0.802	0.183	0.847	0.138
1.000	0.831	0.169	0.804	0.196	0.849	0.151
Estadígrafo de contraste "D" 0.380 0.389 0.397						
Estadígrafo Crítico " C " 0.165 0.165 0.165						
Niv. Signif. = 0.05 0.05 0.05						
Criterio de decisión						
D < C: Falso Falso Falso						
D > C: Sin ajuste Sin ajuste Sin ajuste						
Parámetros de ajuste:						
Alfa = 10.26 2.291 0.50514						
Beta = 2.54 0.293 9.12						
Conclusión:						

No se ajusta a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov

Fuente: Elaboración propia.

- Método de Chi-cuadrado

Esta prueba fue aplicada a los datos de los registros de caudales de las estaciones de Recreta, Pachacoto y Querococha llegando a determinar la consistencia y confiabilidad de estos datos.

Cuadro 25: Logaritmo del caudal de la estación Recreta.

Datos de caudales máximos anuales			
Río		: SANTA	
Estación:		: RECRETA	
Nº	Año	X = Q máx	Y = Ln X
1	1953	18.40	2.912
2	1954	38.20	3.643
3	1955	23.50	3.157
4	1956	23.00	3.135
5	1957	21.50	3.068
6	1958	38.00	3.638
7	1959	25.78	3.250
8	1960	21.48	3.067
9	1961	37.60	3.627
10	1962	34.10	3.529
11	1963	27.01	3.296
12	1964	21.97	3.090

13	1965	17.08	2.838
14	1966	29.09	3.370
15	1967	8.80	2.175
16	1968	13.20	2.580
17	1969	39.90	3.686
18	1970	40.00	3.689
19	1971	53.55	3.981
20	1972	26.96	3.294
21	1973	40.35	3.698
22	1974	27.65	3.320
23	1975	31.26	3.442
24	1976	25.19	3.226
25	1977	11.90	2.477
26	1978	23.10	3.140
27	1979	6.17	1.820
28	1980	54.70	4.002
29	1981	38.80	3.658
30	1982	53.85	3.986
31	1983	54.17	3.992
32	1984	54.47	3.998
33	1985	54.77	4.003
34	1986	55.06	4.008
35	1987	55.34	4.014
36	1988	55.61	4.018
37	1989	55.88	4.023
38	1990	56.14	4.028
39	1991	56.39	4.032
40	1992	56.63	4.037
41	1993	56.87	4.041
42	1994	57.10	4.045
43	1995	57.33	4.049
44	1996	57.55	4.053
45	1997	57.77	4.056
46	1998	57.98	4.060
47	1999	58.19	4.064
48	2000	58.40	4.067
49	2001	58.60	4.071
50	2002	58.79	4.074
51	2003	58.98	4.077
52	2004	59.17	4.080
53	2005	59.35	4.084
54	2006	59.54	4.087
55	2007	59.71	4.090
56	2008	59.89	4.092
57	2009	60.06	4.095
58	2010	60.23	4.098
59	2011	60.39	4.101
60	2012	60.55	4.104
61	2013	60.71	4.106
62	2014	60.87	4.109
63	2015	61.03	4.111
64	2016	61.18	4.114
65	2017	61.33	4.116
66	2018	61.48	4.119
67	2019	61.62	4.121
68	2020	61.76	4.123
		3,092.99	8.037
	N° de datos=	68.00	
	Media	45.49	3.711
	Desviación	16.97	0.527
	Varianza	287.97	0.278
	Asimetría	-0.79	-1.559
	Coef. Variación (v)	0.373	0.142
	Máximo	61.76	4.123
	Mínimo	6.17	1.820
	Rango	55.59	2.303

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 07: Calculo de la prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Recreta.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
<u>DISTRIBUCION PROBABILISTICA NORMAL</u>								
Río	: SANTA		Estación	: RECRETA				
* Intervalos de Clase:								
			$k = 1 + 3.3 * \text{LOG}(N) =$	7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
			$L =$	Variable				
* Rango:								
			$R = \text{Max} - \text{min} =$	55.59				
* Grados de libertad:								
			$GL = k - h - 1 =$	4				
* estadísticas muestrales:								
			Media $\bar{X} =$	45.49				
			Desviación Estand $S_x =$	16.97				
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
			$\mu = \bar{X}$	45.49			Parámetro de posición	
			$\sigma = S_x$	16.97			Parámetro de escala	
			Nº parametos "h" =	2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
								68
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	27.37	16	0.235	0.235	-1.068	0.1429	0.1429	4.067
2	35.88	8	0.118	0.353	-0.566	0.1429	0.2857	0.303
3	42.43	6	0.088	0.441	-0.180	0.1429	0.4286	1.420
4	48.54	7	0.103	0.544	0.180	0.1429	0.5714	0.758
5	55.09	9	0.132	0.676	0.566	0.1429	0.7143	0.053
6	63.60	12	0.176	0.853	1.068	0.1429	0.8571	0.538
7	183.38	10	0.147	1.000	8.126	0.1429	1.0000	0.008
		68.00	1.000					7.147
Chi cuadrado calculado X ² c =			7.147					
* Chi cuadrado tabular:								
			$GL = m - h - 1 =$	4				
			Prob. =	95 %				
			Chi cuadrado tabular X ² t =	9.488				
* Criterio de decisión:								
			X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución				
			X ² c > X ² t :	FALSO				

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 08: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Log Normal 2 parámetros estación Recreta.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA LOG-NORMAL 2 PARAMETROS								
Río	: SANTA			Estación	: RECRETA			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1+3.3*LOG(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
L = variable								
* Rango:								
R = Max - min =				2.303				
* Grados de libertad:								
GL= k - h - 1 =				4				
* estadísticas muestrales :								
Media Y =		3.711						
Desviación Estándar Sy =		0.527						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
u =		Y =	3.711		Parámetro de posición			
& =		Sy =	0.527		Parámetro de escala			
Nº parámetros "h" =			2					
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Intervalo	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	23.30	17	0.250	0.250		0.1429	0.1429	5.464
2	30.35	7	0.103	0.353		0.1429	0.2857	0.758
3	37.19	10	0.147	0.500		0.1429	0.4286	0.008
4	44.96	11	0.162	0.662		0.1429	0.5714	0.170
5	55.11	6	0.088	0.750		0.1429	0.7143	1.420
6	71.78	8	0.118	0.868		0.1429	0.8571	0.303
7	2961.18	9	0.132	1.000		0.1429	1.0000	0.053
		68.00	1					8.176
Chi cuadrado calculado X ² c =			8.176					
* Chi cuadrado tabular:								
GL = m - h - 1 =				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular X ² t =				9.488				
* Criterio de decisión:								
X ² c < X ² t :		Los datos se ajustan a esta distribución						
X ² c > X ² t :		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 09: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Recreta.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
<u>DISTRIBUCION PROBABILISTICA GUMBEL</u>								
Río	: SANTA			Estación	: RECRETA			
* Intervalos de Clase:								
	$k = 1+3.3*\text{LOG}(N) =$			7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
	L = variable							
* Rango:								
	R = Max - min =			55.59				
* Grados de libertad:								
	GL= k - h - 1 =			4				
* estadísticas muestrales:								
	Media X =	45.49						
	Desviación Estand Sx =	16.97						
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
	Beta = $X + 0.5772/\text{alfa} =$	37.85			Parámetro de posición			
	Alfa = $PI / (6^{0.5} * Sx) =$	0.07557748			Parámetro de escala			
	Nº parametros "h" =	2						
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	29.04	15	0.221	0.221		0.1429	0.1429	2.876
2	34.87	7	0.103	0.324		0.1429	0.2857	0.758
3	40.04	6	0.088	0.412		0.1429	0.4286	1.420
4	45.53	9	0.132	0.544		0.1429	0.5714	0.053
5	52.26	13	0.191	0.735		0.1429	0.7143	1.111
6	62.59	10	0.147	0.882		0.1429	0.8571	0.008
7	514.76	8	0.118	1.000		0.1429	1.0000	0.303
		68.00	1.000					6.529
	Chi cuadrado calculado X ² c =			6.529				
* Chi cuadrado tabular:								
	GL= m - h - 1 =			4				
	Prob. =			95 %				
	Chi cuadrado tabular X ² t =			9.488				
* Criterio de decisión:								
	X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución						
	X ² c > X ² t :	FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 10: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Recreta.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA GAMMA								
Río	: SANTA		Estación	: RECRETA				
* Intervalos de Clase:								
			$k = 1+3.3*\text{LOG}(N) =$	7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
			$L = \text{rango}/\text{interv clase} =$	7.942				
* Rango:								
			$R = \text{Max} - \text{min} =$	55.59				
* Grados de libertad:								
			$GL = k - h - 1 =$	4				
* estadísticas muestrales:								
			Media $X =$	45.49				
			Desviación Estand $S_x =$	16.97				
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
			$\text{Alfa} = X^2 / (S_x)^2$	7.184E+00			Parámetro de posición	
			$\text{Beta} = (S_x)^2 / X$	6.331E+00			Parámetro de escala	
			Nº parametros "h" =	2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	Distribución de probabilidad	Densidad de probabilidad	X ² c
1	28.08	17	0.250	0.250		0.1429	0.1429	5.464
2	34.71	5	0.074	0.324		0.1429	0.2857	2.288
3	40.49	7	0.103	0.426		0.1429	0.4286	0.758
4	46.43	9	0.132	0.559		0.1429	0.5714	0.053
5	53.42	10	0.147	0.706		0.1429	0.7143	0.008
6	63.49	11	0.162	0.868		0.1429	0.8571	0.170
7	341.21	9	0.132	1.000		0.1429	1.0000	0.053
		68.00	1					8.794
			Chi cuadrado calculado X ² c =	8.794				
* Chi cuadrado tabular:								
			$GL = m - h - 1 =$	4				
			Prob. =	95 %				
			Chi cuadrado tabular X ² t =	9.488				
* Criterio de decisión:								
	X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución						
	X ² c > X ² t :	FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 26: Logaritmo del caudal de la estación Pachacoto.

Datos de caudales máximos anuales			
Río		: SANTA	
Estación:		: PACHACOTO	
N°	Año	X = Q máx	Y = Ln X
1	1953	27.00	3.296
2	1954	41.00	3.714
3	1955	23.00	3.135
4	1956	26.30	3.270
5	1957	24.20	3.186
6	1958	23.50	3.157
7	1959	25.40	3.235
8	1960	26.60	3.281
9	1961	36.00	3.584
10	1962	34.96	3.554
11	1963	24.40	3.195
12	1964	15.88	2.765
13	1965	23.60	3.161
14	1966	34.00	3.526
15	1967	17.90	2.885
16	1968	18.16	2.899
17	1969	33.00	3.497
18	1970	31.28	3.443
19	1971	57.00	4.043
20	1972	23.58	3.160
21	1973	41.00	3.714
22	1974	18.15	2.899
23	1975	21.68	3.076
24	1976	26.70	3.285
25	1977	21.50	3.068
26	1978	27.00	3.296
27	1979	17.16	2.843
28	1980	52.00	3.951
29	1981	39.30	3.671
30	1982	50.19	3.916
31	1983	50.45	3.921
32	1984	50.71	3.926
33	1985	50.96	3.931
34	1986	51.20	3.936
35	1987	51.44	3.940
36	1988	51.67	3.945
37	1989	51.89	3.949
38	1990	52.11	3.953
39	1991	52.32	3.957
40	1992	52.52	3.961
41	1993	52.73	3.965
42	1994	52.92	3.969
43	1995	53.11	3.972
44	1996	53.30	3.976
45	1997	53.48	3.979
46	1998	53.66	3.983
47	1999	53.83	3.986
48	2000	54.01	3.989
49	2001	54.17	3.992
50	2002	54.34	3.995
51	2003	54.50	3.998
52	2004	54.66	4.001
53	2005	54.81	4.004
54	2006	54.96	4.007
55	2007	55.11	4.009
56	2008	55.26	4.012

57	2009	55.40	4.015
58	2010	55.54	4.017
59	2011	55.68	4.020
60	2012	55.82	4.022
61	2013	55.95	4.024
62	2014	56.08	4.027
63	2015	56.21	4.029
64	2016	56.34	4.031
65	2017	56.47	4.034
66	2018	56.59	4.036
67	2019	56.71	4.038
68	2020	56.83	4.040
		2,935.21	7.985
N° de datos=		68.00	
Media		43.17	3.696
Desviación		14.25	0.401
Varianza		203.03	0.161
Asimetría		-0.67	-0.897
Coef. Variación (v)		0.330	0.108
Máximo		57.00	4.043
Mínimo		15.88	2.765
Rango		41.12	1.278

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 11: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Pachacoto.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA NORMAL								
Río	: SANTA			Estación	: PACHACOTO			
* Intervalos de Clase:								
				$k = 1 + 3.3 * \text{LOG}(N) =$	7			
* Amplitud de intervalos de Clase:								
				$L =$	Variable			
* Rango:								
				$R = \text{Max} - \text{min} =$	41.12			
* Grados de libertad:								
				$GL = k - h - 1 =$	4			
* estadísticas muestrales:								
		Media $\bar{X} =$	43.17					
		Desviación Estand $S_x =$	14.25					
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
		$u = \bar{X}$	43.17		Parámetro de posición			
		$\sigma = S_x$	14.25		Parámetro de escala			
		Nº parametros "h" =	2					
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	27.95	14	0.206	0.206	-1.068	0.1429	0.1429	1.891
2	35.10	8	0.118	0.324	-0.566	0.1429	0.2857	0.303
3	40.60	6	0.088	0.412	-0.180	0.1429	0.4286	1.420
4	45.73	6	0.088	0.500	0.180	0.1429	0.5714	1.420
5	51.23	10	0.147	0.647	0.566	0.1429	0.7143	0.008
6	58.38	14	0.206	0.853	1.068	0.1429	0.8571	1.891
7	158.95	10	0.147	1.000	8.126	0.1429	1.0000	0.008
		68.00	1.000					6.941
			Chi cuadrado calculado X ² c =	6.941				
* Chi cuadrado tabular:								
			GL = m - h - 1 =	4				
			Prob. =	95 %				
			Chi cuadrado tabular X ² t =	9.488				
* Criterio de decisión:								
		X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución					
		X ² c > X ² t :	FALSO					

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 12: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Log Normal 2 parámetros estación Pachacoto.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA LOG-NORMAL 2 PARAMETROS								
Río	: SANTA			Estación	: PACHACOTO			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1+3.3*LOG(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
L = variable								
* Rango:								
R = Max - min =				1.278				
* Grados de libertad:								
GL= k - h - 1 =				4				
* Estadísticas muestrales:								
Media Y =		3.696						
Desviación Estándar Sy =		0.401						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
u =		Y =		3.696		Parámetro de posición		
&		Sy =		0.401		Parámetro de escala		
Nº parámetros "h" =				2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Intervalo de	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	26.26	14	0.206	0.206		0.1429	0.1429	1.891
2	32.11	6	0.088	0.294		0.1429	0.2857	1.420
3	37.48	8	0.118	0.412		0.1429	0.4286	0.303
4	43.30	7	0.103	0.515		0.1429	0.5714	0.758
5	50.55	9	0.132	0.647		0.1429	0.7143	0.053
6	61.81	14	0.206	0.853		0.1429	0.8571	1.891
7	1047.84	10	0.147	1.000		0.1429	1.0000	0.008
		68.00	1					6.324
Chi cuadrado calculado X ² c =			6.324					
* Chi cuadrado tabular:								
GL = m - h - 1 =				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular X ² t =				9.488				
* Criterio de decisión:								
X ² c < X ² t :		Los datos se ajustan a esta distribución						
X ² c > X ² t :		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 13: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Pachacoto.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
<u>DISTRIBUCION PROBABILISTICA GUMBEL</u>								
Río	: SANTA	Estación	: PACHACOTO					
* Intervalos de Clase:								
		$k = 1 + 3.3 * \text{LOG}(N) =$		7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
		L = variable						
* Rango:								
		R = Max - min =		41.12				
* Grados de libertad:								
		GL = k - h - 1 =		4				
* estadísticas muestrales:								
	Media X =	43.17						
	Desviación Estand Sx =	14.25						
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
	Beta = $X + 0.5772/\alpha =$	36.75			Parámetro de posición			
	Alfa = $\text{PI}/(6^{0.5} * Sx) =$	0.09000981			Parámetro de escala			
	Nº parametros "h" =	2						
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	29.36	15	0.221	0.221		0.1429	0.1429	2.876
2	34.25	8	0.118	0.338		0.1429	0.2857	0.303
3	38.39	9	0.132	0.471		0.1429	0.4286	0.053
4	43.20	8	0.118	0.588		0.1429	0.5714	0.303
5	48.85	5	0.074	0.662		0.1429	0.7143	2.288
6	57.33	12	0.176	0.838		0.1429	0.8571	0.338
7	437.19	11	0.162	1.000		0.1429	1.0000	0.170
		68.00	1.000					6.529
		Chi cuadrado calculado X ² c =	6.529					
* Chi cuadrado tabular:								
		GL = m - h - 1 =	4					
		Prob. =	95 %					
		Chi cuadrado tabular X ² t =	9.488					
* Criterio de decisión:								
	X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución						
	X ² c > X ² t :	FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 14: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Pachacoto.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
<u>DISTRIBUCION PROBABILISTICA GAMMA</u>								
Río	: SANTA			Estación	: PACHACOTO			
* Intervalos de Clase:								
	$k = 1 + 3.3 * \text{LOG}(N) =$			7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
	$L = \text{rango} / \text{interv clase} =$			5.874				
* Rango:								
	$R = \text{Max} - \text{min} =$			41.12				
* Grados de libertad:								
	$GL = k - h - 1 =$			4				
* estadísticas muestrales:								
	Media X =	43.17						
	Desviación Estand Sx =	14.25						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
	Alfa = $X^2 / (Sx)^2$	9.177E+00			Parámetro de posición			
	Beta = $(Sx)^2 / X$	4.704E+00			Parámetro de escala			
	Nº parámetros "h" =	2						
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	Distribución de probabilidad	Densidad de probabilidad	X ² c
1	28.45	17	0.250	0.250		0.1429	0.1429	5.464
2	34.21	6	0.088	0.338		0.1429	0.2857	1.420
3	39.15	7	0.103	0.441		0.1429	0.4286	0.758
4	44.17	8	0.118	0.559		0.1429	0.5714	0.303
5	50.01	9	0.132	0.691		0.1429	0.7143	0.053
6	58.33	12	0.176	0.868		0.1429	0.8571	0.538
7	275.04	9	0.132	1.000		0.1429	1.0000	0.053
		68.00	1					8.588
	Chi cuadrado calculado X ² c =		8.588					
* Chi cuadrado tabular:								
	GL =	m - h - 1 = 4						
	Prob. =	95 %						
	Chi cuadrado tabular X ² t =		9.488					
* Criterio de decisión:								
	X ² c < X ² t :	Los datos se ajustan a esta distribución						
	X ² c > X ² t :	FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 27: Logaritmo del caudal de la estación Querococha.

Datos de Caudales Máximos Anuales			
Río : SANTA		Estación: QUEROCOCHA	
N°	Año	X = Q máx	Y = Ln X
1	1953	6.94	1.937
2	1954	7.95	2.073
3	1955	6.50	1.872
4	1956	6.77	1.913
5	1957	6.39	1.855
6	1958	6.26	1.834
7	1959	8.90	2.186
8	1960	8.00	2.079
9	1961	9.40	2.241
10	1962	7.56	2.023
11	1963	5.88	1.772
12	1964	9.10	2.208
13	1965	6.52	1.875
14	1966	9.80	2.282
15	1967	4.93	1.595
16	1968	3.98	1.381
17	1969	6.87	1.927
18	1970	6.70	1.902
19	1971	8.90	2.186
20	1972	5.80	1.758
21	1973	7.48	2.012
22	1974	10.72	2.372
23	1975	10.21	2.323
24	1976	8.97	2.194
25	1977	8.13	2.096
26	1978	8.96	2.193
27	1979	4.89	1.587
28	1980	9.40	2.241
29	1981	10.78	2.378
30	1982	11.51	2.444
31	1983	11.56	2.448
32	1984	11.61	2.452
33	1985	11.65	2.455
34	1986	11.69	2.459
35	1987	11.74	2.463
36	1988	11.78	2.466
37	1989	11.82	2.470
38	1990	11.86	2.473
39	1991	11.89	2.476
40	1992	11.93	2.479
41	1993	11.97	2.482
42	1994	12.00	2.485
43	1995	12.03	2.488
44	1996	12.07	2.491
45	1997	12.10	2.493
46	1998	12.13	2.496
47	1999	12.16	2.498
48	2000	12.19	2.501
49	2001	12.22	2.503
50	2002	12.25	2.506
51	2003	12.28	2.508
52	2004	12.31	2.510
53	2005	12.34	2.513
54	2006	12.36	2.515
55	2007	12.39	2.517
56	2008	12.42	2.519

57	2009	12.44	2.521
58	2010	12.47	2.523
59	2011	12.49	2.525
60	2012	12.52	2.527
61	2013	12.54	2.529
62	2014	12.56	2.531
63	2015	12.59	2.533
64	2016	12.61	2.534
65	2017	12.63	2.536
66	2018	12.65	2.538
67	2019	12.68	2.540
68	2020	12.70	2.541
		697.84	6.548
	Nº de datos=	68.00	
	Media	10.26	2.291
	Desviación	2.54	0.293
	Varianza	6.44	0.086
	Asimetría	-0.85	-1.200
	Coef. Variación (v)	0.247	0.128
	Máximo	12.70	2.541
	Mínimo	3.98	1.381
	Rango	8.72	1.160

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 15: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Normal estación Querococha.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
<u>DISTRIBUCION PROBABILISTICA NORMAL</u>								
Río	: SANTA			Estación	: QUEROCOCHA			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1+3.3*\text{LOG}(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
L =				Variable				
* Rango:								
R = Max - min =				8.72				
* Grados de libertad:								
GL = k - h - 1 =				4				
* estadísticas muestrales:								
Media \bar{X} =		10.26						
Desviación Estand S_x =		2.54						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
$\mu = \bar{X}$		10.26			Parámetro de posición			
$\sigma = S_x$		2.54			Parámetro de escala			
Nº parámetros "h" =				2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Intervalo	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X^2_c
1	7.55	14	0.206	0.206	-1.068	0.1429	0.1429	1.891
2	8.83	6	0.088	0.294	-0.566	0.1429	0.2857	1.420
3	9.80	10	0.147	0.441	-0.180	0.1429	0.4286	0.008
4	10.72	5	0.074	0.515	0.180	0.1429	0.5714	2.288
5	11.70	9	0.132	0.647	0.566	0.1429	0.7143	0.053
6	12.97	12	0.176	0.824	1.068	0.1429	0.8571	0.538
7	30.89	12	0.176	1.000	8.126	0.1429	1.0000	0.538
		68.00	1.000					6.735
Chi cuadrado calculado $X^2_c =$			6.735					
* Chi cuadrado tabular:								
GL = m - h - 1 =				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular $X^2_t =$				9.488				
* Criterio de decisión:								
$X^2_c < X^2_t$:		Los datos se ajustan a esta distribución						
$X^2_c > X^2_t$:		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 16: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado LogNormal 2 parámetros estación Querococha.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA LOG-NORMAL 2 PARAMETROS								
Río	: SANTA			Estación	: QUEROCOCHA			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1+3.3*LOG(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
L = variable								
* Rango:								
$R = \text{Max} - \text{min} =$				1.160				
* Grados de libertad:								
$GL = k - h - 1 =$				4				
* Estadísticas muestrales:								
Media $\bar{Y} =$		2.291						
Desviación Estándar $S_y =$		0.293						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
$\mu =$		Y = 2.291		Parámetro de posición				
$\sigma =$		S _y = 0.293		Parámetro de escala				
Nº parámetros "h" =				2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv. clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	7.23	13	0.191	0.191		0.1429	0.1429	1.111
2	8.37	8	0.118	0.309		0.1429	0.2857	0.303
3	9.38	8	0.118	0.426		0.1429	0.4286	0.303
4	10.42	7	0.103	0.529		0.1429	0.5714	0.758
5	11.67	9	0.132	0.662		0.1429	0.7143	0.053
6	13.51	13	0.191	0.853		0.1429	0.8571	1.111
7	106.90	10	0.147	1.000		0.1429	1.0000	0.008
		68.00	1					3.647
Chi cuadrado calculado X ² c =			3.647					
* Chi cuadrado tabular:								
$GL = m - h - 1 =$				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular X ² t =				9.488				
* Criterio de decisión:								
X ² c < X ² t :		Los datos se ajustan a esta distribución						
X ² c > X ² t :		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 17: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gumbel estación Querococha.

PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA GUMBEL								
Río	: SANTA			Estación	: QUEROCOCHA			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1 + 3.3 * \text{LOG}(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
L = variable								
* Rango:								
$R = \text{Max} - \text{min} =$				8.72				
* Grados de libertad:								
$GL = k - h - 1 =$				4				
* estadísticas muestrales:								
Media $\bar{X} =$		10.26						
Desviación Estand $S_x =$		2.54						
* Parametros de Ajuste a la Distribucion de Probabilidad:								
$\text{Beta} = \bar{X} + 0.5772 / \text{alfa} =$				9.12		Parámetro de posición		
$\text{Alfa} = \text{PI} / (6^{0.5} * S_x) =$				0.50513975		Parámetro de escala		
Nº parametros "h" =				2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	pi	pi acumulado	X ² c
1	7.80	15	0.221	0.221		0.1429	0.1429	2.876
2	8.67	7	0.103	0.324		0.1429	0.2857	0.758
3	9.45	11	0.162	0.485		0.1429	0.4286	0.170
4	10.27	6	0.088	0.574		0.1429	0.5714	1.420
5	11.28	6	0.088	0.662		0.1429	0.7143	1.420
6	12.82	12	0.176	0.838		0.1429	0.8571	0.538
7	80.47	11	0.162	1.000		0.1429	1.0000	0.170
		68.00	1.000					7.353
Chi cuadrado calculado X ² c =			7.353					
* Chi cuadrado tabular:								
GL = m - h - 1 =				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular X ² t =				9.488				
* Criterio de decisión:								
X ² c < X ² t :		Los datos se ajustan a esta distribución						
X ² c > X ² t :		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 18: Prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado Gamma estación Querococha.

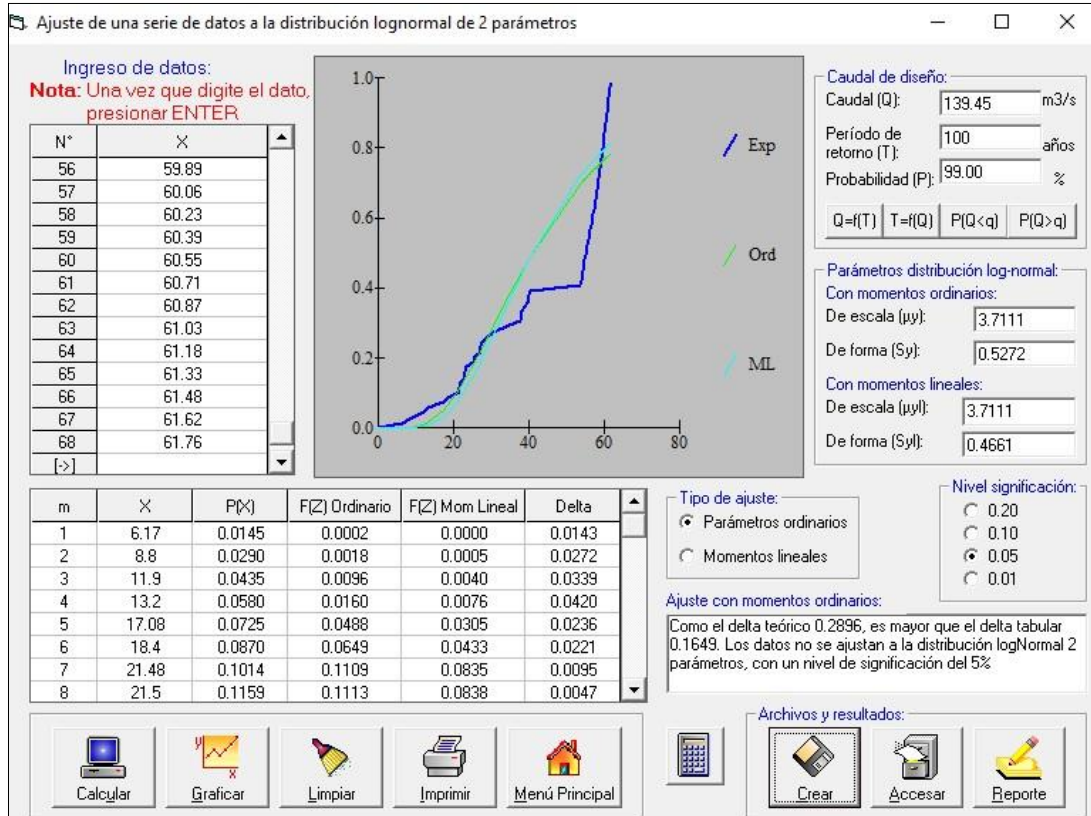
PRUEBA DE BONDAD DE AJUSTE CHI CUADRADO CON IGUAL DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD								
DISTRIBUCION PROBABILISTICA GAMMA								
Río	: SANTA			Estación	: QUEROCOCHA			
* Intervalos de Clase:								
$k = 1+3.3*\text{LOG}(N) =$				7				
* Amplitud de intervalos de Clase:								
$L = \text{rango}/\text{interv. clase} =$				1.245				
* Rango:								
$R = \text{Max} - \text{min} =$				8.72				
* Grados de libertad:								
$GL = k - h - 1 =$				4				
* estadísticas muestrales:								
Media $\bar{X} =$		10.26						
Desviación Estand $S_x =$		2.54						
* Parámetros de Ajuste a la Distribución de Probabilidad:								
Alfa = $X^2 / (S_x)^2$		1.634E+01			Parámetro de posición			
Beta = $(S_x)^2 / X$		6.282E-01			Parámetro de escala			
Nº parámetros "h" =				2				
* Cálculo de Chi - Cuadrado:								
k	Límite superior Interv. clase	ni	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada	zi	Distribución de probabilidad	Densidad de probabilidad	X ² c
1	7.61	15	0.221	0.221		0.1429	0.1429	2.876
2	8.70	7	0.103	0.324		0.1429	0.2857	0.758
3	9.61	11	0.162	0.485		0.1429	0.4286	0.170
4	10.51	6	0.088	0.574		0.1429	0.5714	1.420
5	11.54	7	0.103	0.676		0.1429	0.7143	0.758
6	12.97	13	0.191	0.868		0.1429	0.8571	1.111
7	46.06	9	0.132	1.000		0.1429	1.0000	0.053
		68.00	1					7.147
Chi cuadrado calculado X ² c =			7.147					
* Chi cuadrado tabular:								
GL = m - h - 1 =				4				
Prob. =				95 %				
Chi cuadrado tabular X ² t =				9.488				
* Criterio de decisión:								
X ² c < X ² t :		Los datos se ajustan a esta distribución						
X ² c > X ² t :		FALSO						

Fuente: Elaboración propia.

Modelos probabilísticos

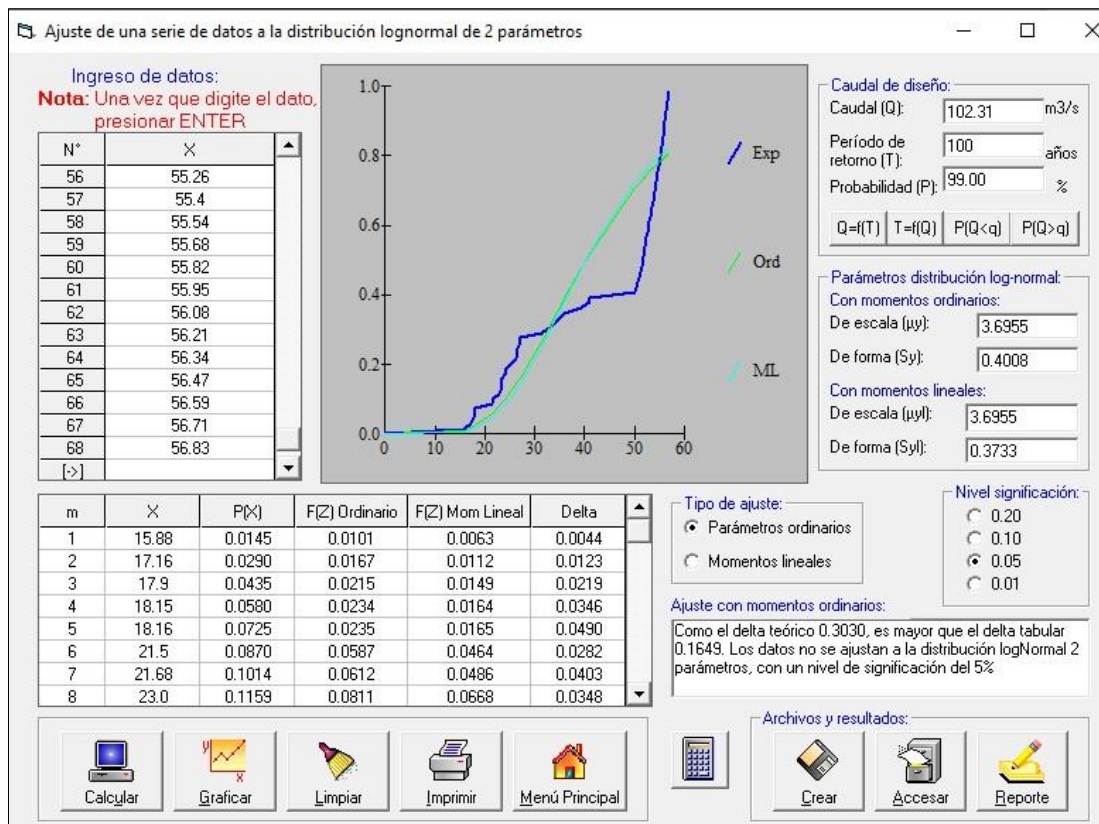
Se determinó el mejor modelo de ajuste para el diseño:

Gráfico 19: Distribución de ajuste Log-Normal de 2 parámetros estación Recreta.



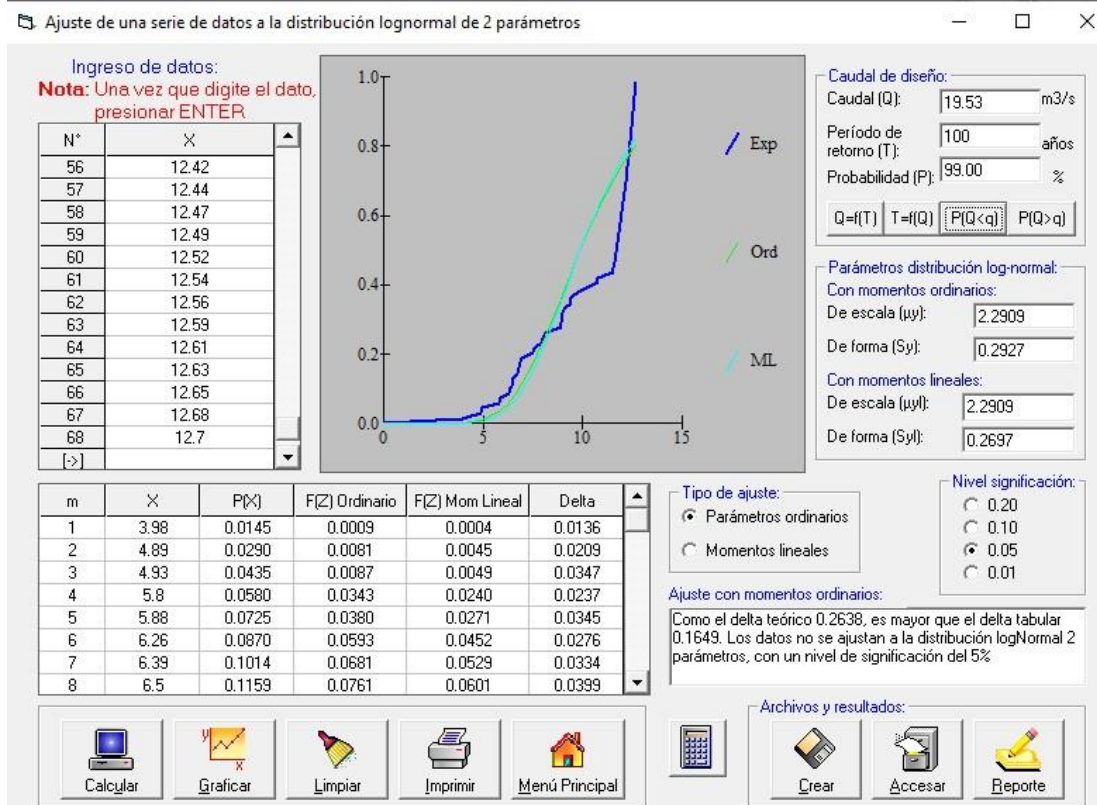
Fuente: Software HIDROESTA.

Gráfico 20: Distribución de ajuste Log-Normal de 2 parámetros estación Pachacoto.



Fuente: Software HIDROESTA.

Gráfico 21: Distribución de ajuste Log-Normal de 2 parámetros estación Querococha.



Fuente: Software HIDROESTA.

Análisis de máximas avenidas

Se realizó el análisis de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno de cada río y estación de aforo, utilizando las distribuciones de probabilidad Log Normal, Gumbel y Log Pearson que se muestran a continuación:

Cuadro 28: Análisis estadístico de máximas descargas Recreta

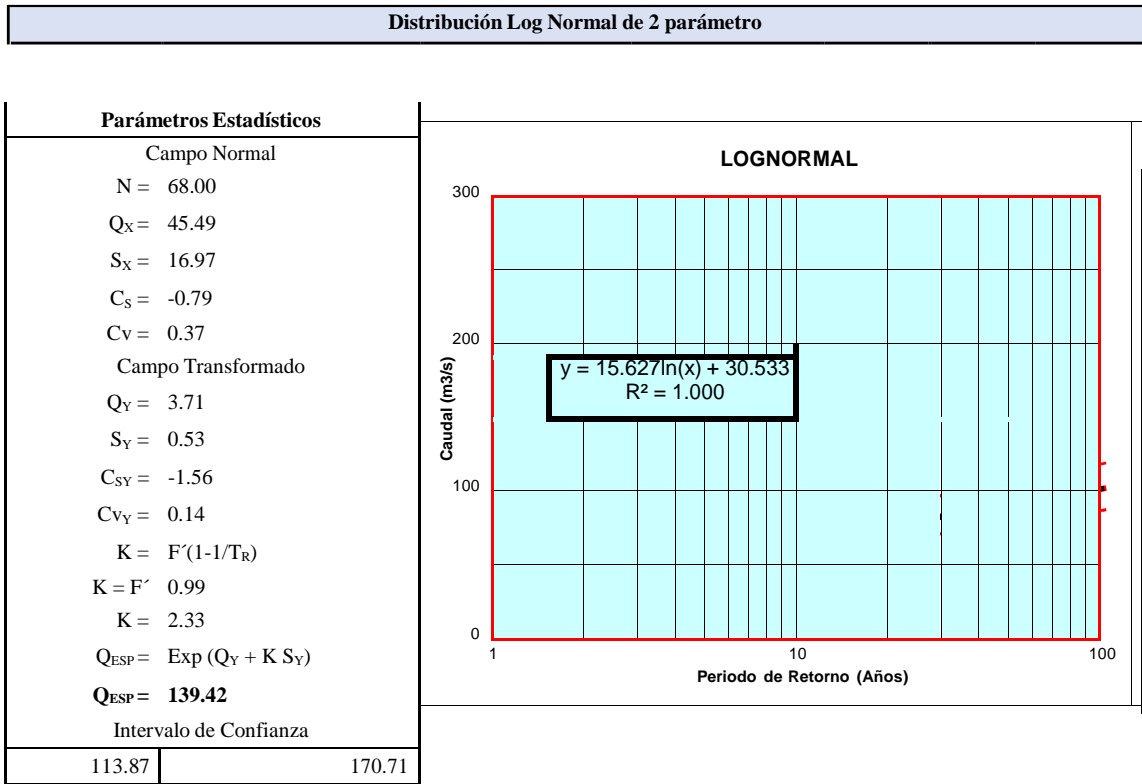
Análisis estadístico de máximas descargas Recreta							
Nombre:		Río Santa - estación Recreta					
Información básica							
Tiempo de retorno (t_r) =		100.00					
Medición de caudales (año) =		1,953					
Año	Caudal (Q_x)	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$	
1,953	18.40	734	-19,870	2.91	0.64	-0.51	
1,954	38.20	53	-387	3.64	0.00	0.00	
1,955	23.50	483	-10,627	3.16	0.31	-0.17	
1,956	23.00	506	-11,368	3.14	0.33	-0.19	
1,957	21.50	575	-13,798	3.07	0.41	-0.27	
1,958	38.00	56	-419	3.64	0.01	0.00	
1,959	25.78	388	-7,651	3.25	0.21	-0.10	
1,960	21.48	576	-13,833	3.07	0.41	-0.27	
1,961	37.60	62	-490	3.63	0.01	0.00	
1,962	34.10	130	-1,476	3.53	0.03	-0.01	
1,963	27.01	341	-6,306	3.30	0.17	-0.07	
1,964	21.97	553	-13,003	3.09	0.39	-0.24	
1,965	17.08	807	-22,919	2.84	0.76	-0.67	
1,966	29.09	269	-4,407	3.37	0.12	-0.04	
1,967	8.80	1,346	-49,371	2.17	2.36	-3.63	
1,968	13.20	1,042	-33,652	2.58	1.28	-1.45	
1,969	39.90	31	-174	3.69	0.00	0.00	
1,970	40.00	30	-165	3.69	0.00	0.00	
1,971	53.55	65	525	3.98	0.07	0.02	
1,972	26.96	343	-6,358	3.29	0.17	-0.07	
1,973	40.35	26	-135	3.70	0.00	0.00	
1,974	27.65	318	-5,673	3.32	0.15	-0.06	
1,975	31.26	202	-2,879	3.44	0.07	-0.02	
1,976	25.19	412	-8,359	3.23	0.23	-0.11	
1,977	11.90	1,128	-37,883	2.48	1.52	-1.88	
1,978	23.10	501	-11,217	3.14	0.33	-0.19	
1,979	6.17	1,546	-60,769	1.82	3.58	-6.77	
1,980	54.70	85	782	4.00	0.08	0.02	
1,981	38.80	45	-299	3.66	0.00	0.00	
1,982	53.85	70	585	3.99	0.08	0.02	
1,983	54.17	75	654	3.99	0.08	0.02	
1,984	54.47	81	726	4.00	0.08	0.02	
1,985	54.77	86	801	4.00	0.09	0.02	
1,986	55.06	92	878	4.01	0.09	0.03	
1,987	55.34	97	957	4.01	0.09	0.03	
1,988	55.61	103	1,039	4.02	0.09	0.03	
1,989	55.88	108	1,123	4.02	0.10	0.03	
1,990	56.14	113	1,208	4.03	0.10	0.03	
1,991	56.39	119	1,296	4.03	0.10	0.03	
1,992	56.63	124	1,385	4.04	0.11	0.03	
1,993	56.87	130	1,476	4.04	0.11	0.04	
1,994	57.10	135	1,569	4.04	0.11	0.04	
1,995	57.33	140	1,663	4.05	0.11	0.04	
1,996	57.55	146	1,758	4.05	0.12	0.04	
1,997	57.77	151	1,855	4.06	0.12	0.04	
1,998	57.98	156	1,953	4.06	0.12	0.04	
1,999	58.19	161	2,052	4.06	0.12	0.04	
2,000	58.40	167	2,152	4.07	0.13	0.05	
2,001	58.60	172	2,253	4.07	0.13	0.05	
2,002	58.79	177	2,356	4.07	0.13	0.05	
2,003	58.98	182	2,459	4.08	0.13	0.05	
2,004	59.17	187	2,563	4.08	0.14	0.05	

2,005	59.35	192	2,668	4.08	0.14	0.05
2,006	59.54	197	2,773	4.09	0.14	0.05
2,007	59.71	202	2,880	4.09	0.14	0.05
2,008	59.89	207	2,987	4.09	0.15	0.06
2,009	60.06	212	3,095	4.10	0.15	0.06
2,010	60.23	217	3,203	4.10	0.15	0.06
2,011	60.39	222	3,312	4.10	0.15	0.06
2,012	60.55	227	3,422	4.10	0.15	0.06
2,013	60.71	232	3,532	4.11	0.16	0.06
2,014	60.87	237	3,642	4.11	0.16	0.06
2,015	61.03	242	3,753	4.11	0.16	0.06
2,016	61.18	246	3,865	4.11	0.16	0.07
2,017	61.33	251	3,977	4.12	0.16	0.07
2,018	61.48	256	4,089	4.12	0.17	0.07
2,019	61.62	260	4,202	4.12	0.17	0.07
2,020	61.76	265	4,314	4.12	0.17	0.07
Suma =	3,092.99	19,294	-251,708	252,354	18,621	-14,856

Parámetros estadísticos			
Media (Q_x)	Desv. Estándar	Coef. Asimetría	Coef. Variación
Q_x	S_x	C_s	C_v
45.485	16.970	-0.792	0.373
Q_y	S_y	C_{sY}	C_{vY}
3.711	0.527	-1.559	0.142

Fuente: Elaboración propia.

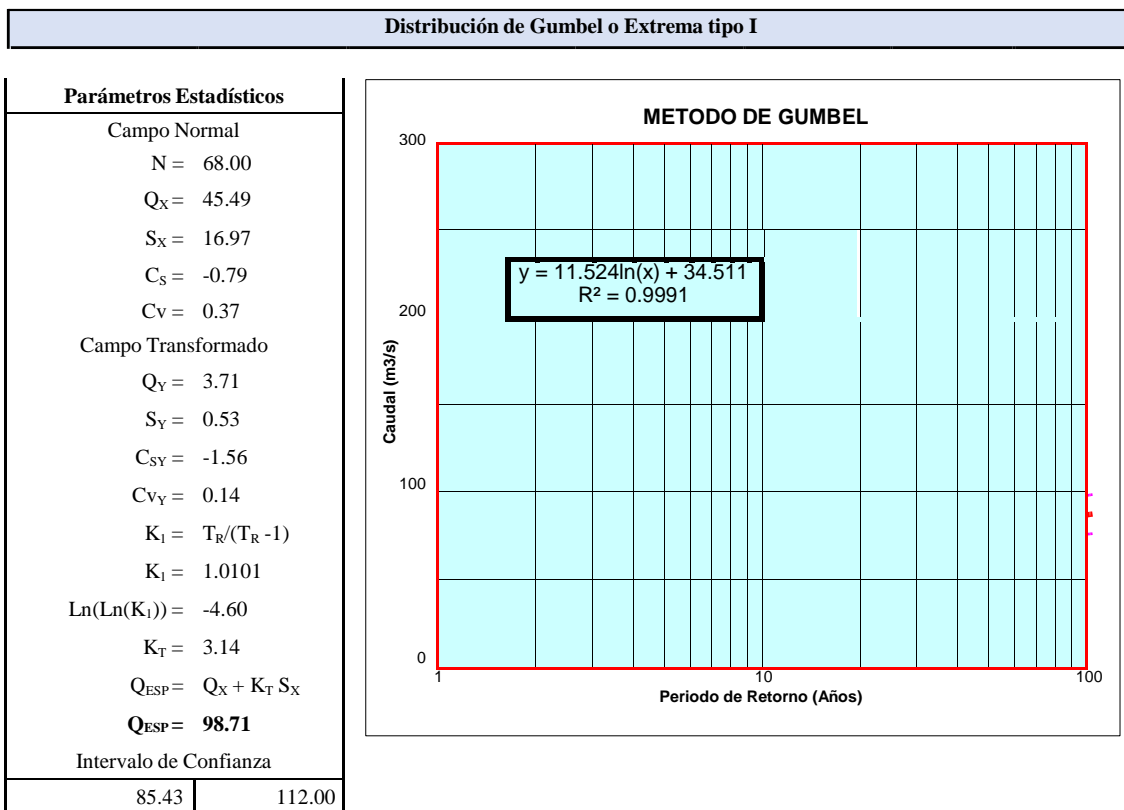
Cuadro 29: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Recreta.



T _R (Años)	Probabilidad	F'(1-1/T _R)	K = Z	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	40.90	33.40	50.07
5	0.2000	0.8000	0.8416	63.74	52.06	78.04
10	0.1000	0.9000	1.2816	80.38	65.65	98.41
25	0.0400	0.9600	1.7507	102.93	84.06	126.02
50	0.0200	0.9800	2.0537	120.76	98.63	147.86
75	0.0133	0.9867	2.2164	131.57	107.46	161.09
100	0.0100	0.9900	2.3263	139.42	113.87	170.71
150	0.0067	0.9933	2.4747	150.77	123.14	184.60
200	0.0050	0.9950	2.5758	159.02	129.88	194.70
300	0.0033	0.9967	2.7131	170.95	139.62	209.31
400	0.0025	0.9975	2.8070	179.63	146.71	219.94
500	0.0020	0.9980	2.8782	186.50	152.32	228.34
1000	0.0010	0.9990	3.0902	208.56	170.34	255.36

Fuente: Elaboración propia.

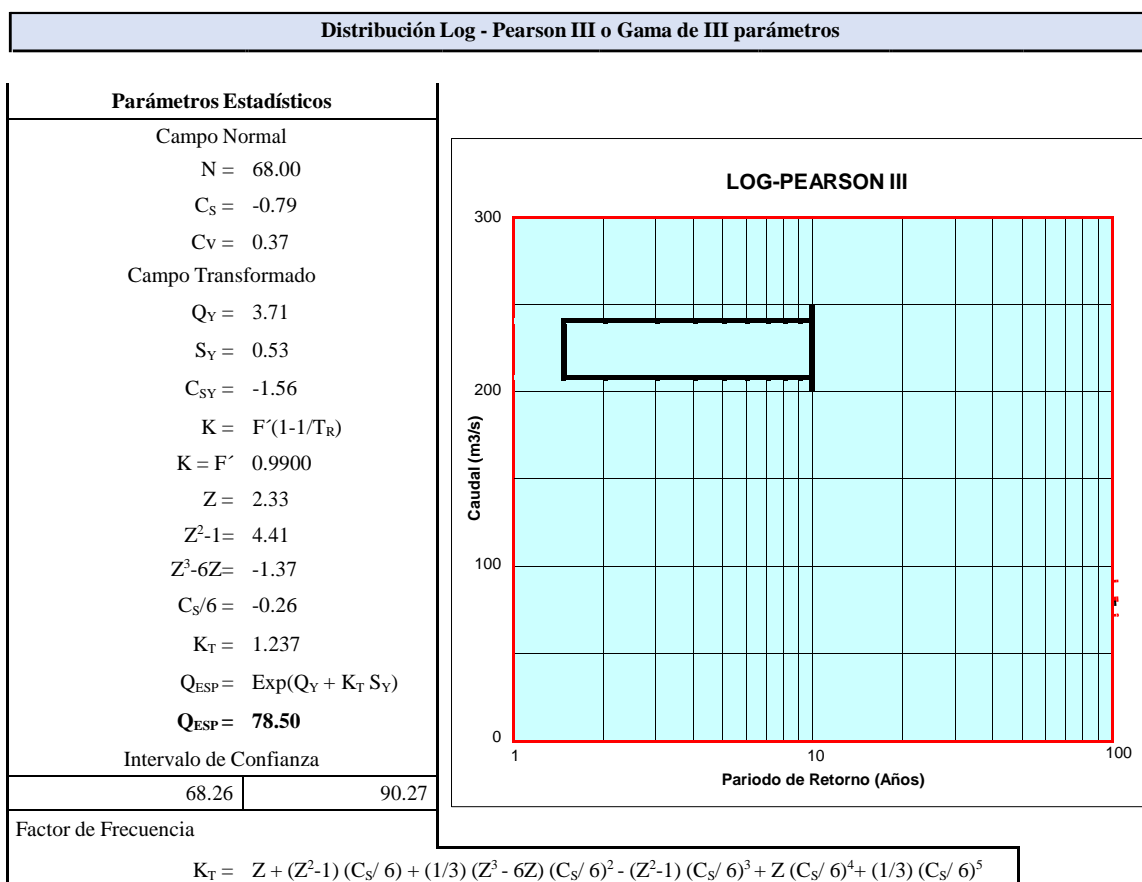
Cuadro 30: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Recreta.



T _R (Años)	Probabilidad	Ln Ln T _R /(T _R - 1)	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	42.70	39.59	45.80
5	0.2000	-1.4999	0.72	57.69	52.46	62.93
10	0.1000	-2.2504	1.30	67.62	60.56	74.69
25	0.0400	-3.1985	2.04	80.17	70.64	89.70
50	0.0200	-3.9019	2.59	89.48	78.07	100.88
75	0.0133	-4.3108	2.91	94.88	82.38	107.39
100	0.0100	-4.6001	3.14	98.71	85.43	112.00
150	0.0067	-5.0073	3.45	104.10	89.72	118.48
200	0.0050	-5.2958	3.68	107.92	92.75	123.09
300	0.0033	-5.7021	4.00	113.29	97.02	129.57
400	0.0025	-5.9902	4.22	117.11	100.04	134.17
500	0.0020	-6.2136	4.39	120.06	102.39	137.73
1000	0.0010	-6.9073	4.94	129.24	109.67	148.81

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 31: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Recreta.



T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	0.2419	46.46	41.76	51.69
5	0.2000	0.8416	0.8155	62.87	55.68	70.98
10	0.1000	1.2816	1.0056	69.49	61.08	79.07
25	0.0400	1.7507	1.1423	74.68	65.24	85.49
50	0.0200	2.0537	1.2006	77.02	67.09	88.41
75	0.0133	2.2164	1.2238	77.97	67.84	89.60
100	0.0100	2.3263	1.2367	78.50	68.26	90.27
150	0.0067	2.4747	1.2509	79.09	68.73	91.01
200	0.0050	2.5758	1.2586	79.41	68.98	91.41
300	0.0033	2.7131	1.2669	79.76	69.25	91.85
400	0.0025	2.8070	1.2712	79.94	69.40	92.08
500	0.0020	2.8782	1.2739	80.05	69.49	92.22
1000	0.0010	3.0902	1.2792	80.27	69.66	92.50

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 32: Análisis estadístico de máximas descargas Pachacoto.

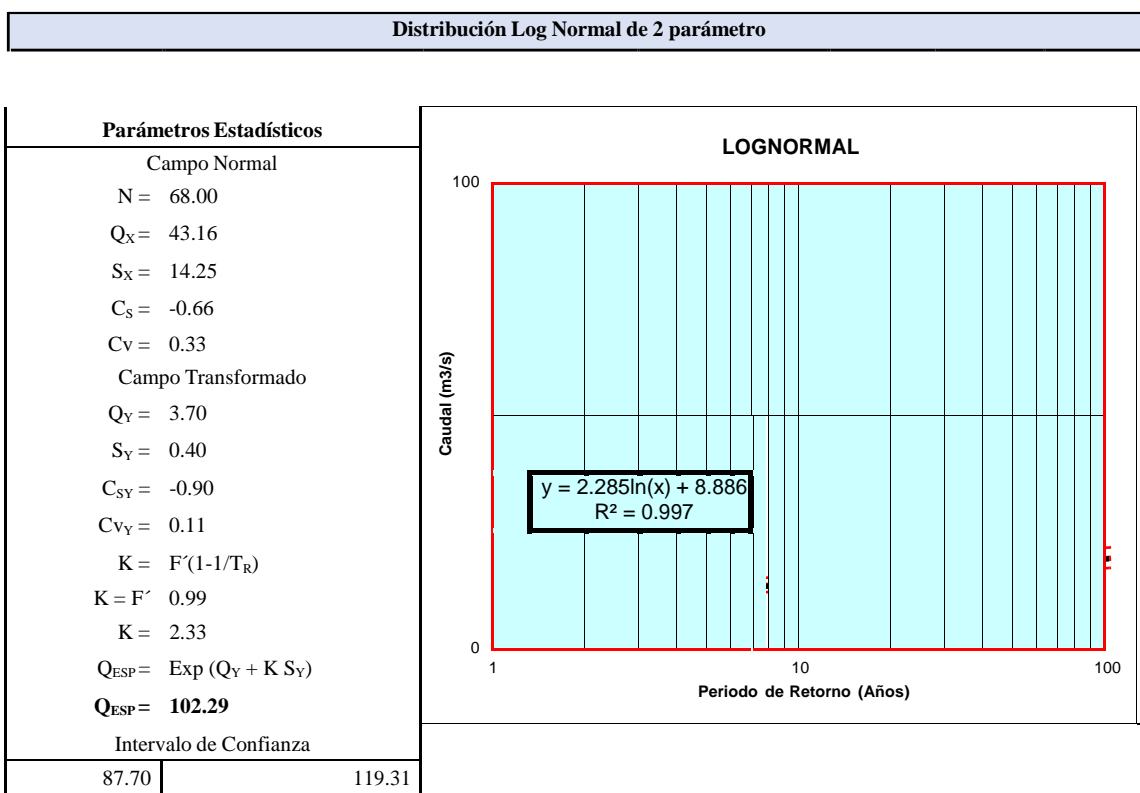
Análisis estadístico de máximas descargas Pachacoto							
Nombre:		Río Santa - Estación Pachacoto					
Información Básica							
Tiempo de Retorno (T_R) =		100.00					
Medición de Caudales (Año) =		1,953					
Año	Caudal (Q_x)	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$	
1,953	27.00	261	-4,224	3.30	0.16	-0.06	
1,954	41.00	5	-10	3.71	0.00	0.00	
1,955	23.00	407	-8,199	3.14	0.31	-0.18	
1,956	26.30	284	-4,797	3.27	0.18	-0.08	
1,957	24.20	360	-6,821	3.19	0.26	-0.13	
1,958	23.50	387	-7,604	3.16	0.29	-0.16	
1,959	25.40	316	-5,606	3.23	0.21	-0.10	
1,960	26.60	274	-4,545	3.28	0.17	-0.07	
1,961	36.00	51	-368	3.58	0.01	0.00	
1,962	34.96	67	-552	3.55	0.02	0.00	
1,963	24.40	352	-6,607	3.19	0.25	-0.13	
1,964	15.88	744	-20,312	2.77	0.87	-0.81	
1,965	23.60	383	-7,489	3.16	0.29	-0.15	
1,966	34.00	84	-770	3.53	0.03	0.00	
1,967	17.90	638	-16,127	2.88	0.66	-0.53	
1,968	18.16	625	-15,634	2.90	0.63	-0.50	
1,969	33.00	103	-1,050	3.50	0.04	-0.01	
1,970	31.28	141	-1,679	3.44	0.06	-0.02	
1,971	57.00	191	2,648	4.04	0.12	0.04	
1,972	23.58	384	-7,512	3.16	0.29	-0.15	
1,973	41.00	5	-10	3.71	0.00	0.00	
1,974	18.15	626	-15,653	2.90	0.63	-0.51	
1,975	21.68	462	-9,917	3.08	0.38	-0.24	
1,976	26.70	271	-4,463	3.28	0.17	-0.07	
1,977	21.50	469	-10,169	3.07	0.39	-0.25	
1,978	27.00	261	-4,224	3.30	0.16	-0.06	
1,979	17.16	676	-17,586	2.84	0.73	-0.62	
1,980	52.00	78	690	3.95	0.07	0.02	
1,981	39.30	15	-58	3.67	0.00	0.00	
1,982	50.19	49	346	3.92	0.05	0.01	
1,983	50.45	53	387	3.92	0.05	0.01	
1,984	50.71	57	430	3.93	0.05	0.01	
1,985	50.96	61	474	3.93	0.06	0.01	
1,986	51.20	65	520	3.94	0.06	0.01	
1,987	51.44	68	567	3.94	0.06	0.01	
1,988	51.67	72	615	3.94	0.06	0.02	
1,989	51.89	76	665	3.95	0.06	0.02	
1,990	52.11	80	715	3.95	0.07	0.02	
1,991	52.32	84	767	3.96	0.07	0.02	
1,992	52.52	88	820	3.96	0.07	0.02	
1,993	52.73	91	874	3.97	0.07	0.02	
1,994	52.92	95	929	3.97	0.07	0.02	
1,995	53.11	99	984	3.97	0.08	0.02	
1,996	53.30	103	1,041	3.98	0.08	0.02	
1,997	53.48	106	1,098	3.98	0.08	0.02	
1,998	53.66	110	1,156	3.98	0.08	0.02	
1,999	53.83	114	1,215	3.99	0.08	0.02	
2,000	54.01	118	1,274	3.99	0.09	0.03	
2,001	54.17	121	1,334	3.99	0.09	0.03	
2,002	54.34	125	1,394	4.00	0.09	0.03	
2,003	54.50	128	1,456	4.00	0.09	0.03	

2,004	54.66	132	1,517	4.00	0.09	0.03
2,005	54.81	136	1,579	4.00	0.10	0.03
2,006	54.96	139	1,642	4.01	0.10	0.03
2,007	55.11	143	1,705	4.01	0.10	0.03
2,008	55.26	146	1,768	4.01	0.10	0.03
2,009	55.40	150	1,832	4.01	0.10	0.03
2,010	55.54	153	1,896	4.02	0.10	0.03
2,011	55.68	157	1,961	4.02	0.11	0.03
2,012	55.82	160	2,026	4.02	0.11	0.03
2,013	55.95	164	2,091	4.02	0.11	0.04
2,014	56.08	167	2,156	4.03	0.11	0.04
2,015	56.21	170	2,222	4.03	0.11	0.04
2,016	56.34	174	2,288	4.03	0.11	0.04
2,017	56.47	177	2,354	4.03	0.11	0.04
2,018	56.59	180	2,421	4.04	0.12	0.04
2,019	56.71	184	2,487	4.04	0.12	0.04
2,020	56.83	187	2,554	4.04	0.12	0.04
Suma =	2,935.21	13,603	-125,090	251.295	10.761	-3.753

PARAMETROS ESTADISTICOS			
Media (Q _x)	Desv. Estándar	Coef. Asimetría	Coef. Variación
Q _x	S _x	C _s	C _v
43.165	14.249	-0.665	0.330
Q _y	S _y	C _{sy}	C _{vy}
3.696	0.401	-0.897	0.108

Fuente: Elaboración propia.

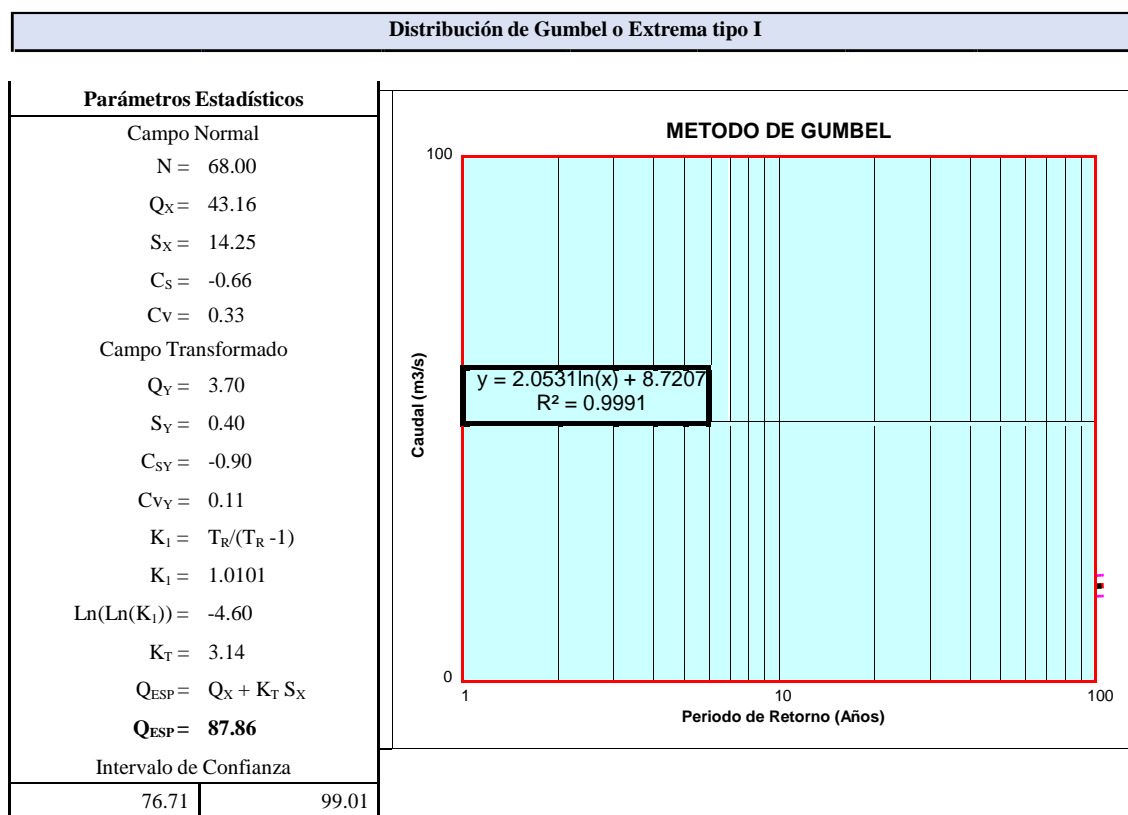
Cuadro 33: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.



T_R (Años)	Probabilidad	$F'(1-1/T_R)$	$K = Z$	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	40.27	34.52	46.96
5	0.2000	0.8000	0.8416	56.42	48.37	65.80
10	0.1000	0.9000	1.2816	67.30	57.70	78.49
25	0.0400	0.9600	1.7507	81.22	69.63	94.73
50	0.0200	0.9800	2.0537	91.70	78.62	106.96
75	0.0133	0.9867	2.2164	97.88	83.92	114.16
100	0.0100	0.9900	2.3263	102.29	87.70	119.31
150	0.0067	0.9933	2.4747	108.56	93.07	126.62
200	0.0050	0.9950	2.5758	113.05	96.92	131.85
300	0.0033	0.9967	2.7131	119.44	102.40	139.31
400	0.0025	0.9975	2.8070	124.02	106.33	144.65
500	0.0020	0.9980	2.8782	127.61	109.41	148.84
1000	0.0010	0.9990	3.0902	138.93	119.11	162.04

Fuente: Elaboración propia.

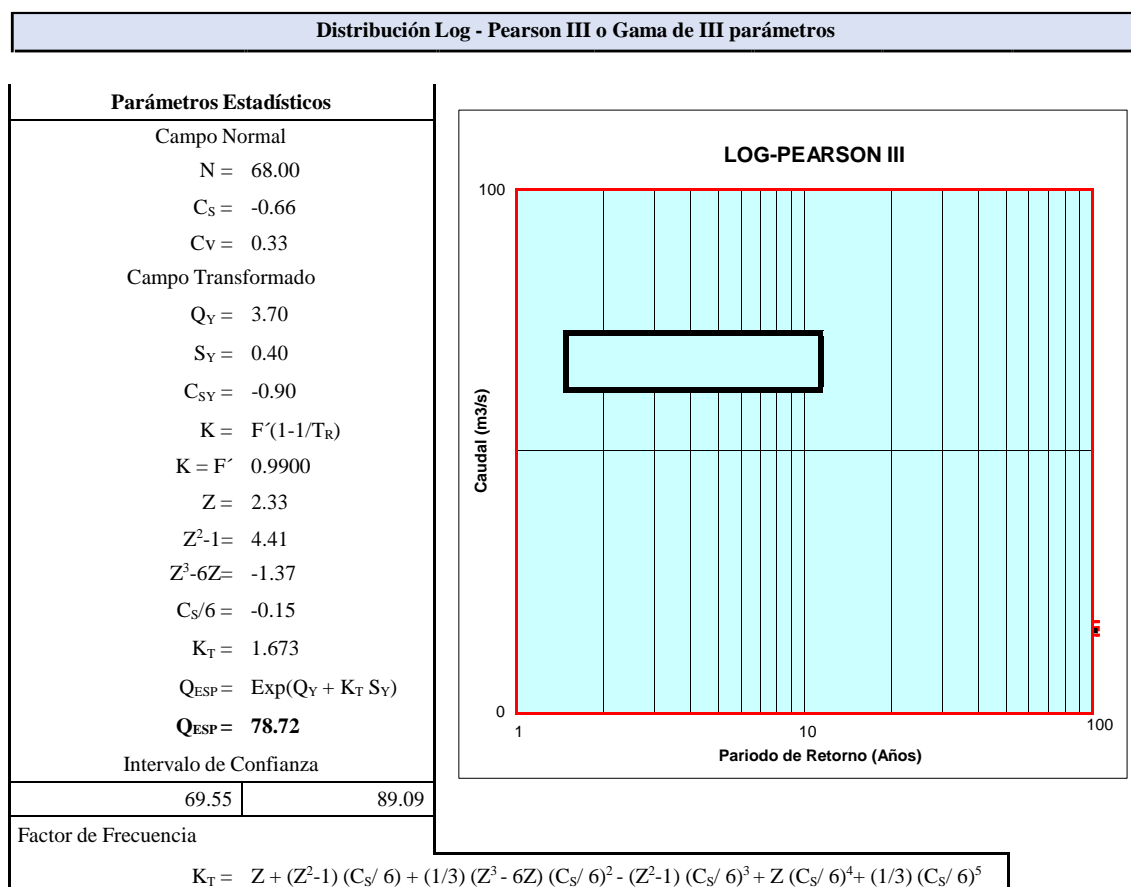
Cuadro 34: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.



T_R (Años)	Probabilidad	$\text{Ln Ln } T_R / (T_R - 1)$	K_T	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	40.82	38.22	43.43
5	0.2000	-1.4999	0.72	53.42	49.02	57.81
10	0.1000	-2.2504	1.30	61.75	55.82	67.69
25	0.0400	-3.1985	2.04	72.29	64.29	80.29
50	0.0200	-3.9019	2.59	80.10	70.53	89.67
75	0.0133	-4.3108	2.91	84.64	74.15	95.14
100	0.0100	-4.6001	3.14	87.86	76.71	99.01
150	0.0067	-5.0073	3.45	92.38	80.30	104.46
200	0.0050	-5.2958	3.68	95.59	82.85	108.32
300	0.0033	-5.7021	4.00	100.10	86.44	113.77
400	0.0025	-5.9902	4.22	103.30	88.98	117.63
500	0.0020	-6.2136	4.39	105.78	90.95	120.62
1000	0.0010	-6.9073	4.94	113.49	97.06	129.92

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Pachacoto.



T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	0.1461	42.69	39.40	46.27
5	0.2000	0.8416	0.8515	56.64	51.60	62.18
10	0.1000	1.2816	1.1467	63.76	57.52	70.67
25	0.0400	1.7507	1.4116	70.90	63.32	79.37
50	0.0200	2.0537	1.5573	75.16	66.73	84.65
75	0.0133	2.2164	1.6278	77.31	68.44	87.34
100	0.0100	2.3263	1.6726	78.72	69.55	89.09
150	0.0067	2.4747	1.7295	80.53	70.98	91.37
200	0.0050	2.5758	1.7659	81.71	71.90	92.86
300	0.0033	2.7131	1.8125	83.25	73.11	94.81
400	0.0025	2.8070	1.8425	84.26	73.89	96.08
500	0.0020	2.8782	1.8642	85.00	74.47	97.02
1000	0.0010	3.0902	1.9242	87.06	76.07	99.65

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36: Análisis estadístico de máximas descargas Querococha.

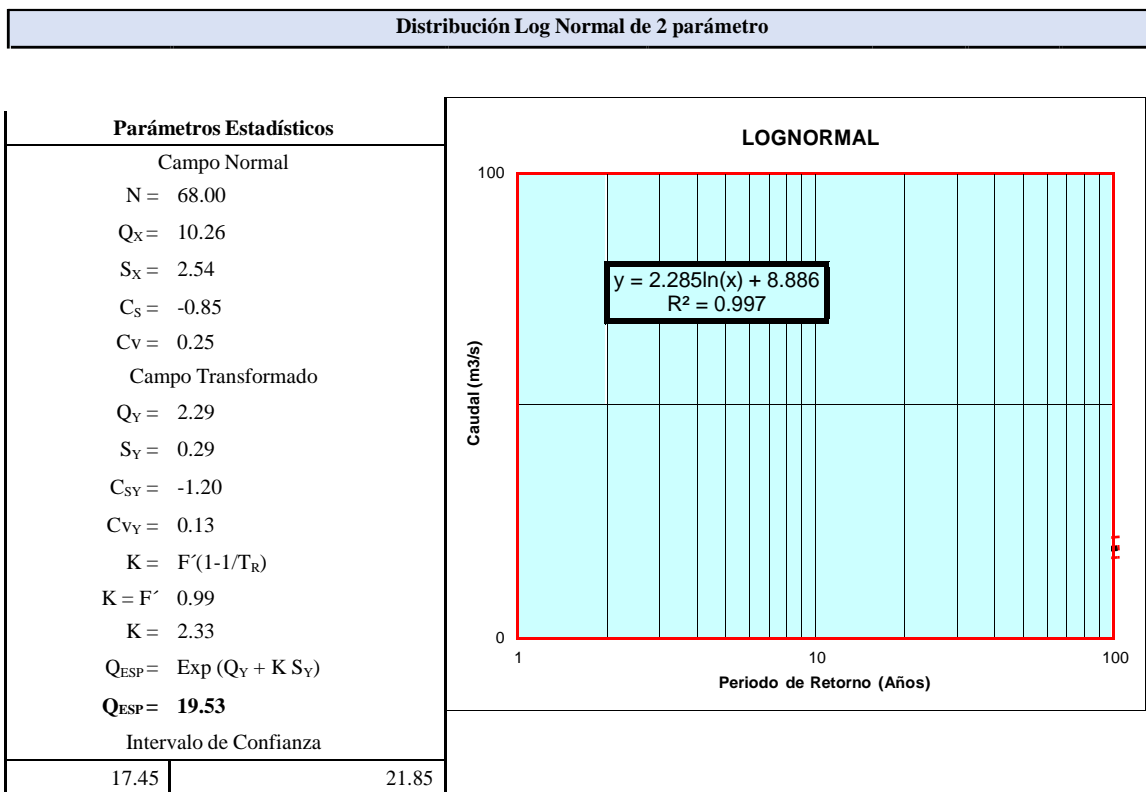
Análisis estadístico de máximas descargas Querococha							
Nombre:		Río Santa - Estación Querococha					
Información Básica							
Tiempo de Retorno (T_R) =	100.00						
Medición de Caudales (Año) =	1,953						
Año	Caudal (Q_x)	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$	
1,953	6.94	11	-37	1.94	0.13	-0.04	
1,954	7.95	5	-12	2.07	0.05	-0.01	
1,955	6.50	14	-53	1.87	0.18	-0.07	
1,956	6.77	12	-43	1.91	0.14	-0.05	
1,957	6.39	15	-58	1.85	0.19	-0.08	
1,958	6.26	16	-64	1.83	0.21	-0.10	
1,959	8.90	2	-3	2.19	0.01	0.00	
1,960	8.00	5	-12	2.08	0.04	-0.01	
1,961	9.40	1	-1	2.24	0.00	0.00	
1,962	7.56	7	-20	2.02	0.07	-0.02	
1,963	5.88	19	-84	1.77	0.27	-0.14	
1,964	9.10	1	-2	2.21	0.01	0.00	
1,965	6.52	14	-52	1.87	0.17	-0.07	
1,966	9.80	0	0	2.28	0.00	0.00	
1,967	4.93	28	-152	1.60	0.48	-0.34	
1,968	3.98	39	-248	1.38	0.83	-0.75	
1,969	6.87	12	-39	1.93	0.13	-0.05	
1,970	6.70	13	-45	1.90	0.15	-0.06	
1,971	8.90	2	-3	2.19	0.01	0.00	
1,972	5.80	20	-89	1.76	0.28	-0.15	
1,973	7.48	8	-22	2.01	0.08	-0.02	
1,974	10.72	0	0	2.37	0.01	0.00	
1,975	10.21	0	0	2.32	0.00	0.00	
1,976	8.97	2	-2	2.19	0.01	0.00	
1,977	8.13	5	-10	2.10	0.04	-0.01	
1,978	8.96	2	-2	2.19	0.01	0.00	
1,979	4.89	29	-155	1.59	0.50	-0.35	
1,980	9.40	1	-1	2.24	0.00	0.00	
1,981	10.78	0	0	2.38	0.01	0.00	
1,982	11.51	2	2	2.44	0.02	0.00	
1,983	11.56	2	2	2.45	0.02	0.00	
1,984	11.61	2	2	2.45	0.03	0.00	
1,985	11.65	2	3	2.46	0.03	0.00	
1,986	11.69	2	3	2.46	0.03	0.00	
1,987	11.74	2	3	2.46	0.03	0.01	
1,988	11.78	2	3	2.47	0.03	0.01	
1,989	11.82	2	4	2.47	0.03	0.01	
1,990	11.86	3	4	2.47	0.03	0.01	
1,991	11.89	3	4	2.48	0.03	0.01	
1,992	11.93	3	5	2.48	0.04	0.01	
1,993	11.97	3	5	2.48	0.04	0.01	
1,994	12.00	3	5	2.48	0.04	0.01	
1,995	12.03	3	6	2.49	0.04	0.01	
1,996	12.07	3	6	2.49	0.04	0.01	
1,997	12.10	3	6	2.49	0.04	0.01	
1,998	12.13	3	7	2.50	0.04	0.01	
1,999	12.16	4	7	2.50	0.04	0.01	
2,000	12.19	4	7	2.50	0.04	0.01	
2,001	12.22	4	8	2.50	0.05	0.01	
2,002	12.25	4	8	2.51	0.05	0.01	
2,003	12.28	4	8	2.51	0.05	0.01	

2,004	12.31	4	9	2.51	0.05	0.01
2,005	12.34	4	9	2.51	0.05	0.01
2,006	12.36	4	9	2.51	0.05	0.01
2,007	12.39	5	10	2.52	0.05	0.01
2,008	12.42	5	10	2.52	0.05	0.01
2,009	12.44	5	10	2.52	0.05	0.01
2,010	12.47	5	11	2.52	0.05	0.01
2,011	12.49	5	11	2.53	0.05	0.01
2,012	12.52	5	11	2.53	0.06	0.01
2,013	12.54	5	12	2.53	0.06	0.01
2,014	12.56	5	12	2.53	0.06	0.01
2,015	12.59	5	13	2.53	0.06	0.01
2,016	12.61	6	13	2.53	0.06	0.01
2,017	12.63	6	13	2.54	0.06	0.01
2,018	12.65	6	14	2.54	0.06	0.02
2,019	12.68	6	14	2.54	0.06	0.02
2,020	12.70	6	14	2.54	0.06	0.02
Suma =	697.84	432	-903	155.782	5.739	-1.956

PARAMETROS ESTADISTICOS			
Media (Q _X)	Desv. Estándar	Coef. Asimetría	Coef. Variación
Q _X	S _X	C _S	C _V
10.262	2.539	-0.849	0.247
Q _Y	S _Y	C _{S_Y}	C _{V_Y}
2.291	0.293	-1.200	0.128

Fuente: Elaboración propia.

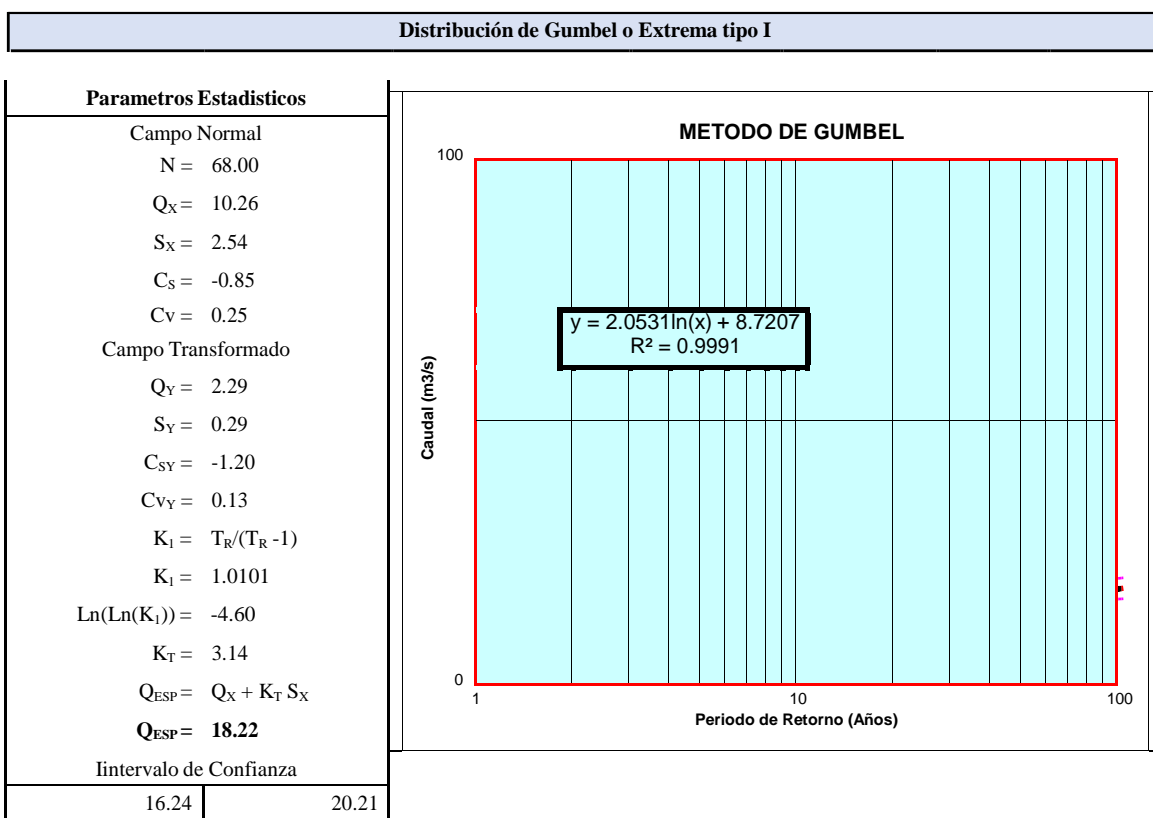
Cuadro 37: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno estación Querococha.



T_R (Años)	Probabilidad	$F'(1-1/T_R)$	$K = Z$	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	9.88	8.83	11.06
5	0.2000	0.8000	0.8416	12.64	11.30	14.15
10	0.1000	0.9000	1.2816	14.38	12.85	16.09
25	0.0400	0.9600	1.7507	16.50	14.75	18.46
50	0.0200	0.9800	2.0537	18.03	16.11	20.17
75	0.0133	0.9867	2.2164	18.91	16.90	21.16
100	0.0100	0.9900	2.3263	19.53	17.45	21.85
150	0.0067	0.9933	2.4747	20.39	18.23	22.82
200	0.0050	0.9950	2.5758	21.01	18.77	23.50
300	0.0033	0.9967	2.7131	21.87	19.54	24.47
400	0.0025	0.9975	2.8070	22.48	20.09	25.15
500	0.0020	0.9980	2.8782	22.95	20.51	25.68
1000	0.0010	0.9990	3.0902	24.42	21.82	27.32

Fuente: Elaboración propia.

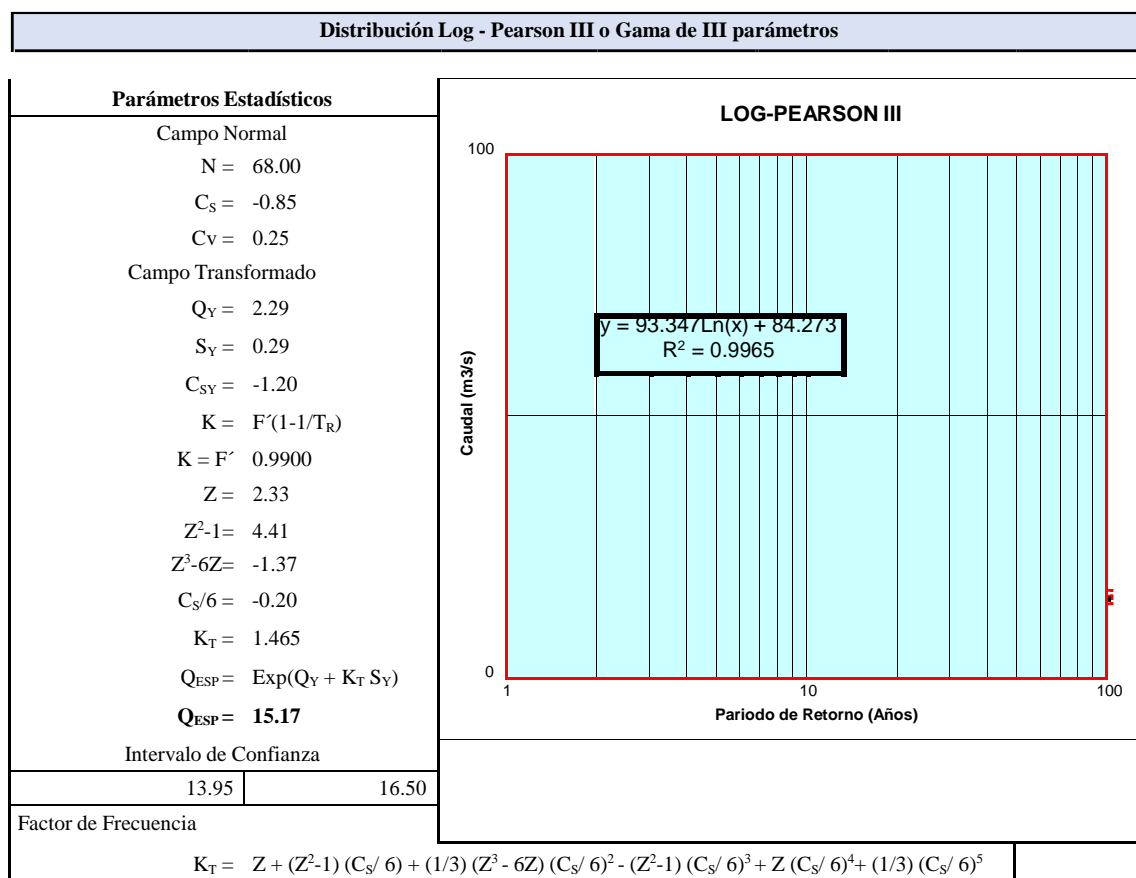
Cuadro 38: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno estación Querococha.



T_R (Años)	Probabilidad	$\text{Ln Ln } T_R / (T_R - 1)$	K_T	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	9.85	9.38	10.31
5	0.2000	-1.4999	0.72	12.09	11.31	12.87
10	0.1000	-2.2504	1.30	13.57	12.52	14.63
25	0.0400	-3.1985	2.04	15.45	14.03	16.88
50	0.0200	-3.9019	2.59	16.84	15.14	18.55
75	0.0133	-4.3108	2.91	17.65	15.78	19.52
100	0.0100	-4.6001	3.14	18.22	16.24	20.21
150	0.0067	-5.0073	3.45	19.03	16.88	21.18
200	0.0050	-5.2958	3.68	19.60	17.33	21.87
300	0.0033	-5.7021	4.00	20.41	17.97	22.84
400	0.0025	-5.9902	4.22	20.98	18.42	23.53
500	0.0020	-6.2136	4.39	21.42	18.77	24.06
1000	0.0010	-6.9073	4.94	22.79	19.86	25.72

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 39: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno estación Querococha.



T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	0.1919	10.45	9.86	11.09
5	0.2000	0.8416	0.8395	12.64	11.81	13.52
10	0.1000	1.2816	1.0857	13.58	12.62	14.62
25	0.0400	1.7507	1.2885	14.41	13.32	15.60
50	0.0200	2.0537	1.3904	14.85	13.68	16.11
75	0.0133	2.2164	1.4366	15.05	13.85	16.36
100	0.0100	2.3263	1.4647	15.17	13.95	16.50
150	0.0067	2.4747	1.4989	15.33	14.08	16.69
200	0.0050	2.5758	1.5199	15.42	14.15	16.80
300	0.0033	2.7131	1.5454	15.54	14.25	16.94
400	0.0025	2.8070	1.5610	15.61	14.31	17.03
500	0.0020	2.8782	1.5719	15.66	14.35	17.09
1000	0.0010	3.0902	1.5999	15.79	14.45	17.24

Fuente: Elaboración propia.

Cálculo del caudal de diseño para la zona de estudio

Para el cálculo de máxima avenida para la zona de estudio se utilizó el método probabilístico, por lo que se requiere calcular el periodo en función de la vida útil de la defensa ribereña.

Por no contar con una estación de aforo en Ticapampa, que nos permita calcular directamente el caudal máximo de diseño, fue necesario utilizar estaciones de aforo existente aguas arriba, como las estaciones de Recreta, Pachacoto y Querococha. Sin embargo, con las estaciones hidrométricas usadas, no cubre toda el área de escorrentía, es decir existen zonas no controladas. Por lo tanto, es necesario las correcciones para determinar el caudal de diseño; así tenemos la Ecuación siguiente:

$$Q_{\text{Ticapampa}} = Q_{\text{Recreta}} + 2.88Q_{\text{Pachacoto}} + 4.82Q_{\text{Querococha}} \dots \dots \dots 6$$

Las constantes numéricas se determinaron en función del área de la cuenca, considerando que el área de cuenca no controlada tiene el mismo rendimiento que la cuenca controlada.

Cuadro 40: Registro de caudales medio mensual estación Recreta.

Estación Recreta - caudales medios mensuales - periodo 1952-1998													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1952	4.04	7.14	9.09	4.94	1.81	0.91	0.69	0.55	0.52	0.82	0.63	1.56	2.73
1953	3.04	11.07	7.45	6.85	1.81	0.91	0.69	0.55	0.47	0.61	2.42	2.24	3.18
1954	7.27	7.11	8.06	3.32	1.54	0.64	0.61	0.48	0.56	0.67	1.42	1.37	2.75
1955	4.07	9.49	13.45	4.68	2.23	1.31	0.86	0.70	0.70	0.60	0.78	1.54	3.37
1956	2.73	7.89	9.20	9.32	3.14	0.97	0.94	0.91	1.06	2.10	0.83	1.13	3.35
1957	2.03	6.92	6.61	4.31	1.76	0.83	0.64	0.54	0.50	0.61	1.12	2.03	2.33
1958	2.97	6.01	10.14	3.40	1.34	0.63	0.56	0.50	0.50	0.98	1.10	1.44	2.46
1959	1.72	6.37	12.39	6.59	2.11	0.95	0.73	0.66	0.54	1.36	1.30	4.87	3.30
1960	5.84	8.13	8.81	6.43	2.62	1.27	0.91	0.79	0.51	0.96	1.72	1.90	3.32
1961	5.28	7.07	9.74	7.12	2.55	1.19	0.87	0.68	0.67	0.52	2.50	6.28	3.71
1962	8.32	9.26	16.45	8.41	2.55	1.34	0.92	0.69	0.68	0.66	1.04	1.41	4.31
1963	4.05	9.99	17.04	8.07	2.50	1.15	0.84	0.53	0.42	0.71	1.81	3.90	4.25
1964	3.35	8.21	11.81	7.31	2.50	1.28	0.82	0.68	0.63	0.80	1.78	1.31	3.37
1965	1.77	3.34	10.68	4.06	1.27	0.73	0.70	0.59	0.60	0.76	0.97	1.62	2.26
1966	4.53	3.33	5.21	1.94	1.18	0.67	0.60	0.52	0.56	1.49	1.38	1.80	1.93
1967	4.02	16.91	14.38	3.11	1.78	1.14	1.05	0.82	0.77	2.91	1.47	1.63	4.17
1968	1.67	2.00	3.98	1.30	0.66	0.48	0.41	0.38	0.36	0.67	1.18	1.04	1.18
1969	1.06	2.21	4.37	4.87	0.78	0.47	0.43	0.37	0.37	0.39	1.35	6.68	1.95
1970	12.85	4.74	6.16	5.77	4.94	1.51	0.84	0.59	1.10	1.60	2.17	4.62	3.91
1971	5.72	11.88	14.25	6.43	1.65	0.90	0.64	0.61	0.47	0.50	0.44	2.74	3.85
1972	5.80	5.20	21.02	7.63	2.13	0.96	0.66	0.53	0.36	0.43	0.54	1.78	3.92
1973	4.51	7.42	11.83	10.72	2.89	1.05	0.82	0.53	0.51	1.73	2.12	3.71	3.99
1974	9.83	16.07	11.04	5.19	1.73	1.38	0.89	0.49	0.43	0.35	0.38	0.51	4.02
1975	2.09	3.12	10.79	5.01	2.70	0.95	0.47	0.39	0.38	0.49	0.65	1.20	2.35
1976	5.28	10.89	8.29	3.48	1.13	0.85	0.56	0.49	0.40	0.38	0.38	0.63	2.73
1977	1.74	7.15	6.64	2.74	1.03	0.68	0.53	0.40	0.38	0.40	1.42	2.14	2.10
1978	1.57	4.40	3.01	1.75	0.79	0.51	0.43	0.39	0.41	0.40	0.67	1.14	1.29
1979	1.24	3.56	8.71	3.90	1.28	0.51	0.39	0.36	0.35	0.37	0.60	1.03	1.86
1980	1.94	1.91	1.99	1.28	0.43	0.31	0.27	0.27	0.25	1.12	1.94	4.52	1.35
1981	3.74	14.53	17.89	1.97	0.88	0.59	0.58	0.51	0.37	0.42	1.86	2.54	3.82
1982	3.39	10.92	5.40	3.78	1.38	0.74	0.55	0.54	0.44	0.92	1.83	4.75	2.89
1983	6.03	2.36	4.59	4.87	2.16	0.88	0.63	0.42	0.41	0.50	0.48	2.16	2.12
1984	1.95	16.04	14.21	7.04	3.16	1.97	1.36	0.93	0.75	1.98	1.43	3.89	4.56
1985	2.52	3.16	5.29	4.48	1.50	1.05	0.78	0.62	0.62	0.51	0.46	1.21	1.85
1986	4.80	4.42	6.93	6.18	1.99	0.78	0.67	0.60	0.53	0.40	0.51	1.55	2.45
1987	7.94	7.01	5.35	1.85	1.11	0.76	0.65	0.51	0.52	0.47	1.00	2.24	2.45
1988	2.49	5.97	5.02	6.08	2.36	1.03	0.75	0.63	0.59	0.71	0.63	1.16	2.29
1989	5.59	8.71	9.35	6.95	1.63	1.00	0.73	0.70	0.54	0.83	0.83	0.39	3.10
1990	2.44	1.43	1.36	1.03	0.70	0.69	0.46	0.36	0.34	0.86	2.50	1.66	1.15
1991	1.77	2.15	6.91	2.03	2.00	0.80	0.62	0.46	0.40	0.58	0.72	0.56	1.58
1992	0.88	0.84	1.34	0.97	0.62	0.58	0.51	0.43	0.33	0.49	0.35	0.38	0.64
1993	0.98	5.07	10.99	7.39	1.99	0.74	0.60	0.36	0.47	0.86	2.79	4.27	3.04
1994	8.96	14.45	10.95	7.01	2.36	1.31	1.10	0.91	0.83	0.74	0.92	0.98	4.21
1995	1.75	2.64	6.24	5.67	1.17	0.64	0.53	0.37	0.46	0.39	0.56	1.49	1.83
1996	6.20	12.79	14.49	4.94	1.81	0.91	0.69	0.55	0.52	0.82	1.20	2.20	3.93
1997	4.04	7.14	9.09	4.94	1.81	0.91	0.69	0.55	0.52	0.82	1.20	2.20	2.83
1998	4.04	7.14	9.09	4.94	1.81	0.91	0.69	0.55	0.52	0.82	1.20	2.20	2.83
Media	4.04	7.14	9.09	4.94	1.81	0.91	0.69	0.55	0.52	0.82	1.20	2.20	2.83

Fuente: PERPEC Ancash.

Cuadro 41: Registro de caudales medio mensual estación Pachacoto.

Estación Pachacoto - caudales medios mensuales - periodo 1952-1998													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1952	6.52	8.07	9.05	6.12	2.95	1.84	1.42	1.47	1.82	2.90	3.91	5.06	4.26
1953	4.59	10.13	9.49	6.84	2.95	1.84	1.23	0.98	1.23	2.14	3.63	3.50	4.05
1954	10.27	7.67	10.30	4.64	2.84	1.57	1.15	1.09	1.62	1.61	2.75	4.31	4.15
1955	6.90	11.81	13.32	6.15	2.69	1.50	1.14	1.10	1.28	2.04	3.51	5.43	4.74
1956	5.34	8.67	8.04	7.14	2.95	1.56	1.06	0.95	1.34	1.96	2.31	3.06	3.70
1957	4.14	7.91	6.72	4.51	2.50	1.63	1.51	1.38	1.78	3.10	3.45	5.01	3.64
1958	6.69	8.55	10.01	6.95	3.64	1.82	1.51	1.71	2.30	4.47	4.62	4.53	4.73
1959	5.10	7.75	12.02	6.11	2.43	1.43	1.08	1.39	1.30	2.88	2.90	7.61	4.33
1960	8.91	9.54	7.82	8.43	3.70	2.97	1.72	2.21	2.16	3.08	3.68	5.22	4.95
1961	6.39	6.23	10.04	7.75	3.38	3.73	3.08	3.07	2.84	3.71	7.94	8.58	5.56
1962	10.00	10.03	12.41	7.49	3.71	2.20	1.74	1.69	2.23	2.99	4.17	4.74	5.28
1963	10.48	10.58	12.21	9.22	3.53	1.55	1.44	1.38	2.06	2.95	6.92	9.07	5.95
1964	6.58	8.52	9.14	6.74	3.84	1.89	1.43	1.25	1.44	2.77	4.05	3.72	4.28
1965	4.16	5.62	9.15	4.17	2.45	1.39	1.15	1.16	1.98	2.86	3.22	4.83	3.51
1966	9.32	6.61	7.15	3.98	3.06	1.94	1.73	1.91	2.23	3.75	3.82	4.94	4.20
1967	4.38	13.60	11.94	4.14	2.60	1.68	1.19	1.14	1.20	6.07	3.75	4.39	4.67
1968	4.64	4.87	6.20	2.94	1.62	1.01	0.97	1.16	1.64	2.56	2.60	4.02	2.85
1969	3.72	5.27	5.86	6.48	2.25	1.63	1.22	1.34	1.58	2.84	4.17	9.10	3.79
1970	11.55	7.15	7.16	6.22	4.66	3.28	2.51	1.93	2.56	3.42	4.59	7.01	5.17
1971	8.09	10.63	10.67	5.75	2.53	1.62	1.31	1.19	1.39	2.10	2.35	4.71	4.36
1972	5.65	5.42	17.40	7.25	3.14	2.14	1.72	1.58	1.76	2.24	3.55	3.96	4.65
1973	7.44	9.28	12.96	9.79	3.98	1.86	1.35	1.40	2.09	4.44	5.04	7.20	5.57
1974	13.27	13.44	10.59	6.60	2.85	2.72	1.46	1.31	1.34	1.99	3.15	3.79	5.21
1975	5.39	5.59	9.48	5.91	4.02	1.75	1.26	1.41	1.56	2.46	2.86	3.35	3.75
1976	6.99	6.09	10.18	5.35	3.14	2.23	1.54	1.45	1.71	3.20	3.17	3.39	4.04
1977	5.37	8.30	7.90	5.07	2.05	1.35	1.42	1.34	1.80	2.32	5.65	4.77	3.94
1978	4.05	7.73	6.49	3.47	2.23	1.52	1.25	1.52	2.40	2.76	3.59	4.59	3.47
1979	4.01	7.77	11.21	6.52	3.16	2.28	1.80	1.96	2.04	2.86	3.63	4.17	4.28
1980	5.52	4.98	5.19	4.35	2.54	2.52	2.23	2.26	3.06	4.21	4.60	6.17	3.97
1981	5.83	12.86	9.52	5.06	2.90	2.01	1.98	1.90	1.66	3.80	6.21	6.53	5.02
1982	6.22	10.59	7.03	3.14	1.54	0.97	0.78	1.49	1.81	1.95	4.30	6.59	3.87
1983	8.03	5.78	7.55	5.46	3.21	1.80	1.68	1.79	2.00	3.00	4.13	5.12	4.13
1984	4.13	10.60	12.40	8.42	4.09	2.47	1.73	1.60	1.72	3.60	3.23	5.38	4.95
1985	6.14	5.69	7.41	7.39	3.03	1.67	1.16	1.14	2.07	2.11	2.38	3.81	3.67
1986	6.49	8.07	9.80	6.50	3.39	1.62	1.25	1.24	1.59	2.46	3.07	5.03	4.21
1987	7.38	7.32	8.26	4.57	2.93	2.00	1.65	1.73	1.88	3.33	4.95	7.08	4.42
1988	9.93	10.72	6.75	8.87	4.02	1.96	1.40	1.84	2.21	2.84	3.35	3.95	4.82
1989	7.37	9.85	8.00	8.45	2.43	2.06	1.09	1.21	1.24	2.35	2.97	2.67	4.14
1990	5.05	4.39	3.67	2.57	1.53	1.04	0.85	1.20	1.18	3.03	3.90	3.52	2.66
1991	4.27	4.91	9.19	3.54	2.86	1.25	0.97	1.17	1.27	2.32	2.10	3.25	3.09
1992	3.07	3.04	3.63	2.76	2.22	1.41	1.35	1.19	1.24	1.72	1.86	2.74	2.19
1993	3.79	7.01	8.54	12.07	3.58	1.45	0.87	0.95	2.98	4.27	9.56	8.71	5.32
1994	9.34	10.65	6.81	5.22	2.70	1.57	1.04	0.90	1.45	2.09	2.65	3.10	3.96
1995	5.94	5.13	9.44	5.45	2.60	1.66	1.15	1.60	1.88	2.19	3.91	6.24	3.93
1996	7.39	8.65	9.07	9.82	3.14	2.03	1.68	1.82	2.07	2.96	3.69	3.83	4.68
1997	4.08	8.07	9.05	6.12	2.34	1.25	0.97	1.02	1.92	2.58	3.91	5.06	3.87
1998	6.52	8.07	9.05	6.12	2.95	1.84	1.42	1.47	1.82	2.90	3.91	5.06	4.26
Media	6.52	8.07	9.05	6.12	2.95	1.84	1.42	1.47	1.82	2.90	3.91	5.06	4.26

Fuente: PERPEC Ancash.

Cuadro 42: Registro de caudales medio mensual estación Querococha.

Estación Querococha - caudales medios mensuales - periodo 1952-1998													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Prom
1952	2.66	3.63	3.64	2.48	1.25	0.67	0.46	0.45	0.62	1.13	1.54	2.10	1.72
1953	2.34	4.38	3.54	2.81	0.95	0.47	0.29	0.45	0.40	0.82	1.78	1.66	1.66
1954	3.48	2.65	3.36	1.75	1.23	0.46	0.28	0.31	0.51	0.76	0.95	1.50	1.44
1955	3.03	4.75	5.04	2.76	1.16	0.52	0.35	0.29	0.45	0.76	1.02	1.90	1.84
1956	2.03	3.13	2.96	2.25	0.92	0.46	0.36	0.37	0.53	1.05	0.91	1.12	1.34
1957	1.20	2.40	2.62	2.15	1.23	0.68	0.53	0.51	0.67	1.26	1.63	1.21	1.34
1958	1.67	2.17	3.11	1.72	1.06	0.65	0.45	0.59	0.71	1.04	0.96	1.16	1.27
1959	1.61	3.14	3.93	2.34	1.36	0.65	0.47	0.55	0.52	1.28	1.35	3.54	1.73
1960	2.94	3.63	1.90	2.39	1.57	0.66	0.46	0.48	0.53	0.95	1.24	1.41	1.51
1961	3.27	2.61	3.79	2.87	1.25	0.80	0.51	0.40	0.50	0.65	2.01	2.86	1.79
1962	4.13	3.99	4.72	2.47	1.06	0.54	0.34	0.37	0.46	0.64	0.96	1.20	1.74
1963	3.08	3.75	4.38	3.32	1.02	0.62	0.36	0.40	0.60	1.20	2.24	3.23	2.02
1964	2.77	3.67	3.30	2.71	1.50	0.71	0.58	0.50	0.58	1.16	1.73	1.55	1.73
1965	1.96	1.94	4.75	2.29	1.01	0.47	0.46	0.45	0.89	1.70	1.78	2.69	1.70
1966	3.24	3.19	2.21	1.87	1.60	0.76	0.62	0.62	0.77	1.61	1.77	2.07	1.69
1967	2.51	6.24	3.92	1.98	1.20	0.62	0.51	0.47	0.57	1.71	1.55	1.67	1.91
1968	1.88	2.34	3.19	1.35	0.69	0.46	0.32	0.41	0.60	1.36	1.56	1.23	1.28
1969	1.72	2.03	2.12	2.43	1.04	0.70	0.38	0.48	0.55	0.95	1.72	3.43	1.46
1970	4.25	3.39	3.00	2.61	2.31	1.26	0.78	0.62	0.94	1.42	2.15	3.12	2.15
1971	2.69	3.95	4.78	2.46	1.09	0.62	0.48	0.52	0.56	1.15	0.94	1.79	1.75
1972	2.53	2.61	5.72	3.22	1.39	0.74	0.45	0.46	0.49	0.77	0.94	1.60	1.74
1973	2.36	3.53	3.64	3.64	1.24	0.78	0.53	0.54	0.63	1.89	2.64	3.35	2.06
1974	4.32	5.39	4.90	3.43	1.04	0.78	0.44	0.39	0.66	0.67	0.98	1.07	2.01
1975	2.36	2.98	5.11	2.48	2.15	1.00	0.58	0.61	0.79	1.32	1.40	1.86	1.89
1976	2.93	5.32	3.45	2.17	0.95	0.68	0.43	0.38	0.44	0.71	0.90	1.33	1.64
1977	1.94	2.73	2.89	2.02	1.25	0.68	0.57	0.57	0.73	1.04	2.55	2.29	1.61
1978	1.84	4.12	3.61	1.90	1.38	0.82	0.50	0.45	1.04	1.08	1.46	2.22	1.70
1979	1.95	3.83	5.67	3.83	1.49	0.75	0.62	0.72	0.86	0.97	1.08	1.56	1.94
1980	1.93	2.24	1.94	1.83	1.01	0.66	0.40	0.58	0.79	1.38	1.94	2.78	1.46
1981	2.50	5.65	4.14	2.32	1.13	0.63	0.52	0.49	0.51	1.41	3.52	3.65	2.21
1982	3.51	5.14	3.26	2.59	1.23	0.72	0.44	0.39	0.61	1.85	3.08	4.11	2.24
1983	4.14	2.54	3.96	3.52	2.11	1.17	0.79	0.74	0.94	1.34	1.70	3.35	2.19
1984	2.36	5.11	5.64	3.27	1.96	1.06	0.78	0.52	0.51	1.59	1.36	2.39	2.21
1985	2.36	2.71	3.48	2.92	1.43	0.66	0.37	0.37	0.98	0.94	1.21	2.25	1.64
1986	2.38	2.57	3.32	2.58	1.42	0.56	0.40	0.37	0.58	0.76	1.18	2.42	1.55
1987	3.30	3.08	2.89	1.52	1.06	0.46	0.39	0.36	0.52	1.08	1.25	2.60	1.54
1988	3.90	3.71	2.33	2.21	1.20	0.60	0.39	0.39	0.57	0.83	0.95	1.42	1.54
1989	2.37	3.80	3.95	3.07	1.00	0.50	0.32	0.36	0.40	0.86	1.54	0.78	1.58
1990	1.82	1.41	1.48	1.10	0.66	0.68	0.42	0.32	0.42	1.41	1.83	1.49	1.09
1991	1.81	2.04	3.02	1.84	1.13	0.56	0.38	0.37	0.39	1.16	1.18	1.19	1.26
1992	1.67	1.33	1.34	1.44	1.04	0.70	0.40	0.46	0.43	0.76	0.85	1.52	1.00
1993	2.01	3.92	4.42	3.28	1.40	0.67	0.45	0.40	0.98	1.09	3.14	4.51	2.19
1994	4.93	7.26	4.91	3.90	0.85	0.45	0.25	0.25	0.30	0.68	1.11	1.42	2.19
1995	2.37	1.82	5.12	2.55	0.97	0.43	0.30	0.28	0.65	0.81	1.55	1.54	1.53
1996	3.31	4.74	4.63	3.54	1.53	0.64	0.43	0.38	0.62	1.13	0.86	1.19	1.92
1997	1.87	2.97	1.03	0.75	1.25	0.67	0.46	0.45	0.62	1.13	1.54	2.10	1.24
1998	3.77	10.90	5.02	2.53	1.11	0.65	0.41	0.52	0.62	1.69	0.88	2.10	2.52
Media	2.66	3.63	3.64	2.48	1.25	0.67	0.46	0.45	0.62	1.13	1.54	2.10	1.72

Fuente: PERPEC Ancash.

Cuadro 43: Rendimiento de cuenca controlada.

Estación	Río	Área de drenaje controlada (km²)	Caudal promedio (m³/s)	Caudal específico (l/s/km²)
Recreta	Santa	343.00	2.83	8.24
Pachacoto	Pachacoto	202.04	4.26	21.09
Querococha	Yanayacu	62.97	1.72	27.29

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 44: Rendimiento de cuenca no controlada.

Estación	Río	Área de drenaje no controlada (km²)	Caudal promedio (m³/s)	Caudal específico (l/s/km²)
Recreta	Santa	343.00	2.83	8.24
Pachacoto	Pachacoto	582.40	12.28	21.09
Querococha	Yanayacu	303.52	8.28	27.29

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 45: Constantes numéricas de la ecuación.

Estación	Río	Área de cuenca controlada (km²)	Área de cuenca no controlada (km²)	Constante
Recreta	Santa	343.00	343.00	1.00
Pachacoto	Pachacoto	202.04	582.40	2.88
Querococha	Yanayacu	62.97	303.52	4.82

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 46: Caudal máximo por año para la zona de estudio.

CALCULO DEL CAUDAL MAXIMO POR AÑO PARA LA ZONA DE ESTUDIO								
Q Ticapampa = Q Recreta + 2.88*Q Pachacoto + 4.82*Q Querococha								
N°	Año	Recreta	Pachacoto	Querococha	Q Recreta	2.88*Q Pachacoto	4.82*Q Querococha	Q Ticapampa
1	1953	18.40	27.00	6.94	18.40	77.76	33.45	129.61
2	1954	38.20	41.00	7.95	38.20	118.08	38.32	194.60
3	1955	23.50	23.00	6.50	23.50	66.24	31.33	121.07
4	1956	23.00	26.30	6.77	23.00	75.74	32.63	131.38
5	1957	21.50	24.20	6.39	21.50	69.70	30.80	122.00
6	1958	38.00	23.50	6.26	38.00	67.68	30.17	135.85
7	1959	25.78	25.40	8.90	25.78	73.15	42.90	141.83
8	1960	21.48	26.60	8.00	21.48	76.61	38.56	136.65
9	1961	37.60	36.00	9.40	37.60	103.68	45.31	186.59
10	1962	34.10	34.96	7.56	34.10	100.68	36.44	171.22
11	1963	27.01	24.40	5.88	27.01	70.27	28.34	125.62
12	1964	21.97	15.88	9.10	21.97	45.73	43.86	111.57
13	1965	17.08	23.60	6.52	17.08	67.97	31.43	116.47
14	1966	29.09	34.00	9.80	29.09	97.92	47.24	174.25
15	1967	8.80	17.90	4.93	8.80	51.55	23.76	84.11
16	1968	13.20	18.16	3.98	13.20	52.30	19.18	84.68
17	1969	39.90	33.00	6.87	39.90	95.04	33.11	168.05
18	1970	40.00	31.28	6.70	40.00	90.09	32.29	162.38
19	1971	53.55	57.00	8.90	53.55	164.16	42.90	260.61
20	1972	26.96	23.58	5.80	26.96	67.91	27.96	122.83
21	1973	40.35	41.00	7.48	40.35	118.08	36.05	194.48
22	1974	27.65	18.15	10.72	27.65	52.27	51.67	131.59
23	1975	31.26	21.68	10.21	31.26	62.44	49.21	142.91
24	1976	25.19	26.70	8.97	25.19	76.90	43.24	145.32
25	1977	11.90	21.50	8.13	11.90	61.92	39.19	113.01
26	1978	23.10	27.00	8.96	23.10	77.76	43.19	144.05
27	1979	6.17	17.16	4.89	6.17	49.42	23.57	79.16
28	1980	54.70	52.00	9.40	54.70	149.76	45.31	249.77
29	1981	38.80	39.30	10.78	38.80	113.18	51.96	203.94
30	1982	53.85	50.19	11.51	53.85	144.54	55.50	253.89
31	1983	54.17	50.45	11.56	54.17	145.31	55.72	255.20
32	1984	54.47	50.71	11.61	54.47	146.05	55.95	256.47
33	1985	54.77	50.96	11.65	54.77	146.77	56.16	257.70
34	1986	55.06	51.20	11.69	55.06	147.47	56.37	258.90
35	1987	55.34	51.44	11.74	55.34	148.15	56.57	260.06
36	1988	55.61	51.67	11.78	55.61	148.81	56.77	261.19
37	1989	55.88	51.89	11.82	55.88	149.45	56.96	262.28
38	1990	56.14	52.11	11.86	56.14	150.07	57.14	263.35
39	1991	56.39	52.32	11.89	56.39	150.68	57.33	264.39
40	1992	56.63	52.52	11.93	56.63	151.27	57.50	265.41
41	1993	56.87	52.73	11.97	56.87	151.85	57.67	266.39
42	1994	57.10	52.92	12.00	57.10	152.41	57.84	267.36
43	1995	57.33	53.11	12.03	57.33	152.96	58.01	268.30
44	1996	57.55	53.30	12.07	57.55	153.50	58.17	269.22
45	1997	57.77	53.48	12.10	57.77	154.03	58.32	270.12
46	1998	57.98	53.66	12.13	57.98	154.54	58.48	271.00
47	1999	58.19	53.83	12.16	58.19	155.04	58.63	271.86
48	2000	58.40	54.01	12.19	58.40	155.54	58.77	272.71

49	2001	58.60	54.17	12.22	58.60	156.02	58.92	273.53
50	2002	58.79	54.34	12.25	58.79	156.49	59.06	274.34
51	2003	58.98	54.50	12.28	58.98	156.95	59.20	275.13
52	2004	59.17	54.66	12.31	59.17	157.41	59.33	275.91
53	2005	59.35	54.81	12.34	59.35	157.85	59.46	276.67
54	2006	59.54	54.96	12.36	59.54	158.29	59.60	277.42
55	2007	59.71	55.11	12.39	59.71	158.72	59.72	278.16
56	2008	59.89	55.26	12.42	59.89	159.14	59.85	278.88
57	2009	60.06	55.40	12.44	60.06	159.56	59.97	279.59
58	2010	60.23	55.54	12.47	60.23	159.96	60.09	280.28
59	2011	60.39	55.68	12.49	60.39	160.36	60.21	280.97
60	2012	60.55	55.82	12.52	60.55	160.75	60.33	281.64
61	2013	60.71	55.95	12.54	60.71	161.14	60.45	282.30
62	2014	60.87	56.08	12.56	60.87	161.52	60.56	282.95
63	2015	61.03	56.21	12.59	61.03	161.90	60.67	283.59
64	2016	61.18	56.34	12.61	61.18	162.26	60.78	284.22
65	2017	61.33	56.47	12.63	61.33	162.63	60.89	284.84
66	2018	61.48	56.59	12.65	61.48	162.98	60.99	285.45
67	2019	61.62	56.71	12.68	61.62	163.34	61.10	286.06
68	2020	61.76	56.83	12.70	61.76	163.68	61.20	286.65

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de descarga máxima de la zona de estudio sector Santa Gertrudis.

Se realizó el análisis estadístico de máximas descargas con los métodos Log Normal II, Gumbel y Log Pearson III y se determinó el caudal de diseño para un periodo de retorno de 100 años, por ser una zona cercana a ciudades.

Cuadro 47: Análisis estadístico de máximas descargas Santa Gertrudis (Q Ticapampa)

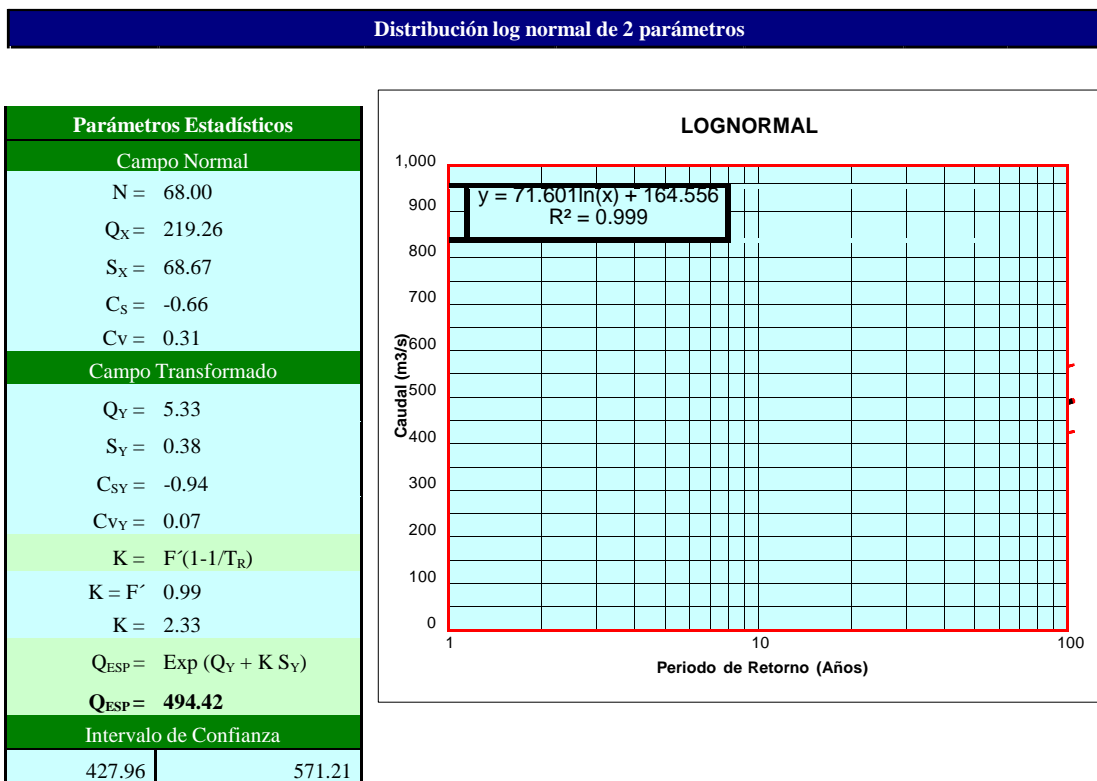
Análisis estadístico de máximas descargas						
Titulo: Evaluación y mejoramiento de la defensa ribereña del río Santa sector Santa Gertrudis						
Información Básica						
Tiempo de Retorno (T_R) =	100.00					
Medición de Caudales (Año) =	1,953					
Año	Caudal (Q_x)	$(Q_x - Q_p)^2$	$(Q_x - Q_p)^3$	$\ln(Q_x)$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^2$	$(\ln(Q_x) - Q_y)^3$
1,953	129.61	8,038	-720,620	4.86	0.22	-0.10
1,954	194.60	608	-15,006	5.27	0.00	0.00
1,955	121.07	9,642	-946,811	4.80	0.28	-0.15
1,956	131.38	7,725	-678,902	4.88	0.20	-0.09
1,957	122.00	9,461	-920,282	4.80	0.28	-0.14
1,958	135.85	6,957	-580,332	4.91	0.17	-0.07
1,959	141.83	5,996	-464,308	4.95	0.14	-0.05
1,960	136.65	6,826	-563,901	4.92	0.17	-0.07
1,961	186.59	1,068	-34,891	5.23	0.01	0.00
1,962	171.22	2,308	-110,873	5.14	0.03	-0.01
1,963	125.62	8,769	-821,105	4.83	0.25	-0.12
1,964	111.57	11,599	-1,249,182	4.71	0.38	-0.23
1,965	116.47	10,566	-1,086,064	4.76	0.33	-0.19
1,966	174.25	2,027	-91,238	5.16	0.03	0.00
1,967	84.11	18,266	-2,468,587	4.43	0.80	-0.72
1,968	84.68	18,112	-2,437,496	4.44	0.79	-0.70
1,969	168.05	2,623	-134,306	5.12	0.04	-0.01
1,970	162.38	3,236	-184,067	5.09	0.06	-0.01
1,971	260.61	1,709	70,667	5.56	0.05	0.01
1,972	122.83	9,300	-896,908	4.81	0.27	-0.14
1,973	194.48	614	-15,218	5.27	0.00	0.00
1,974	131.59	7,686	-673,886	4.88	0.20	-0.09
1,975	142.91	5,830	-445,139	4.96	0.13	-0.05
1,976	145.32	5,468	-404,292	4.98	0.12	-0.04
1,977	113.01	11,291	-1,199,735	4.73	0.36	-0.22
1,978	144.05	5,658	-425,555	4.97	0.13	-0.05
1,979	79.16	19,629	-2,750,122	4.37	0.92	-0.88
1,980	249.77	930	28,382	5.52	0.04	0.01
1,981	203.94	235	-3,596	5.32	0.00	0.00
1,982	253.89	1,199	41,504	5.54	0.04	0.01
1,983	255.20	1,291	46,407	5.54	0.05	0.01
1,984	256.47	1,384	51,508	5.55	0.05	0.01
1,985	257.70	1,478	56,795	5.55	0.05	0.01
1,986	258.90	1,571	62,260	5.56	0.05	0.01
1,987	260.06	1,664	67,891	5.56	0.05	0.01
1,988	261.19	1,758	73,679	5.57	0.06	0.01
1,989	262.28	1,851	79,615	5.57	0.06	0.01
1,990	263.35	1,944	85,692	5.57	0.06	0.01
1,991	264.39	2,036	91,900	5.58	0.06	0.02
1,992	265.41	2,129	98,233	5.58	0.06	0.02
1,993	266.39	2,221	104,683	5.58	0.07	0.02
1,994	267.36	2,313	111,245	5.59	0.07	0.02
1,995	268.30	2,405	117,911	5.59	0.07	0.02
1,996	269.22	2,496	124,676	5.60	0.07	0.02
1,997	270.12	2,586	131,534	5.60	0.07	0.02
1,998	271.00	2,677	138,481	5.60	0.07	0.02
1,999	271.86	2,766	145,511	5.61	0.08	0.02
2,000	272.71	2,856	152,619	5.61	0.08	0.02

2,001	273.53	2,945	159,802	5.61	0.08	0.02
2,002	274.34	3,033	167,054	5.61	0.08	0.02
2,003	275.13	3,121	174,373	5.62	0.08	0.02
2,004	275.91	3,209	181,755	5.62	0.08	0.02
2,005	276.67	3,296	189,195	5.62	0.09	0.03
2,006	277.42	3,382	196,691	5.63	0.09	0.03
2,007	278.16	3,468	204,239	5.63	0.09	0.03
2,008	278.88	3,554	211,837	5.63	0.09	0.03
2,009	279.59	3,639	219,482	5.63	0.09	0.03
2,010	280.28	3,723	227,171	5.64	0.09	0.03
2,011	280.97	3,807	234,901	5.64	0.10	0.03
2,012	281.64	3,891	242,671	5.64	0.10	0.03
2,013	282.30	3,974	250,477	5.64	0.10	0.03
2,014	282.95	4,056	258,318	5.65	0.10	0.03
2,015	283.59	4,138	266,192	5.65	0.10	0.03
2,016	284.22	4,220	274,096	5.65	0.10	0.03
2,017	284.84	4,301	282,029	5.65	0.10	0.03
2,018	285.45	4,381	289,989	5.65	0.11	0.03
2,019	286.06	4,461	297,974	5.66	0.11	0.04
2,020	286.65	4,541	305,984	5.66	0.11	0.04
Suma =	14,910.00	315,937	-13,806,998	362.355	9.471	-3.246

PARAMETROS ESTADISTICOS			
Media (Q _x)	Desv. Estándar	Coef. Asimetría	Coef. Variación
Q _x	S _x	C _s	C _v
219.265	68.669	-0.656	0.313
Q _y	S _y	C _{s_y}	C _{v_y}
5.329	0.376	-0.939	0.071

Fuente: Elaboración propia.

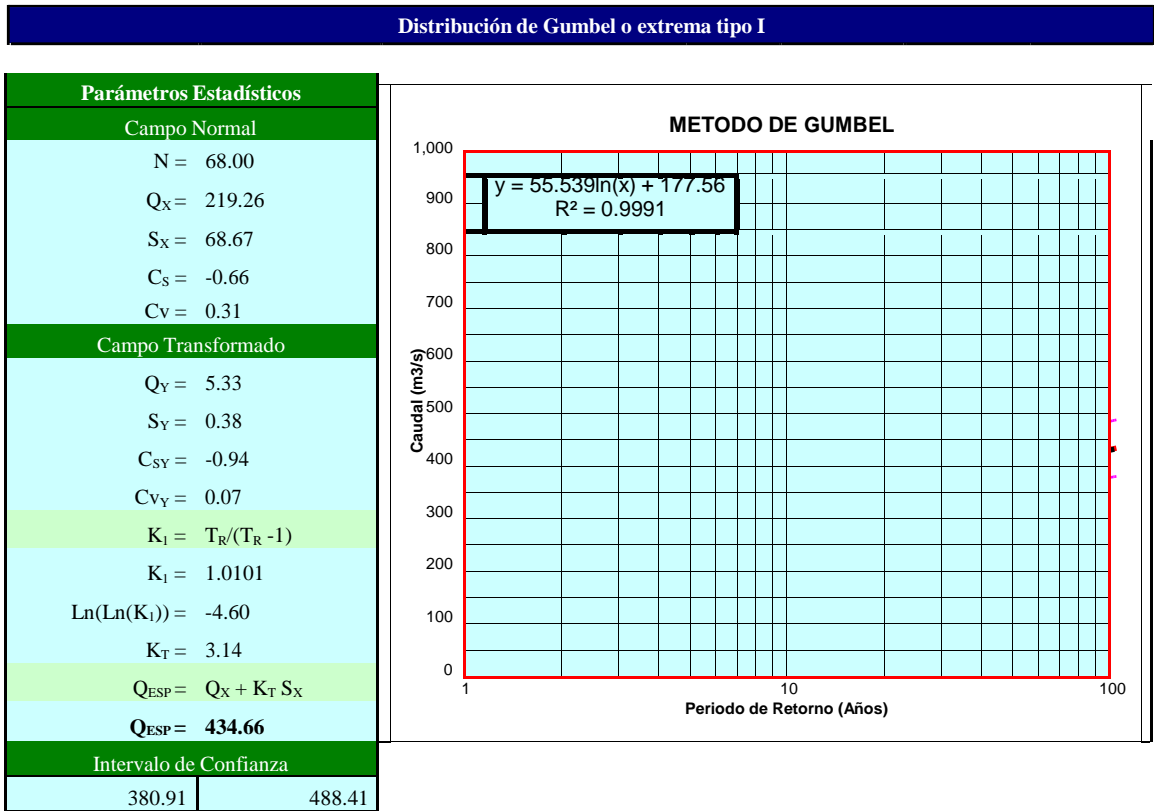
Cuadro 48: Distribución Log Normal de 2 parámetro para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).



T_R (Años)	Probabilidad	$F'(1-1/T_R)$	$K = Z$	Q_{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.5000	0.0000	206.18	178.46	238.20
5	0.2000	0.8000	0.8416	282.92	244.89	326.87
10	0.1000	0.9000	1.2816	333.81	288.94	385.66
25	0.0400	0.9600	1.7507	398.20	344.67	460.05
50	0.0200	0.9800	2.0537	446.26	386.27	515.57
75	0.0133	0.9867	2.2164	474.39	410.62	548.07
100	0.0100	0.9900	2.3263	494.42	427.96	571.21
150	0.0067	0.9933	2.4747	522.79	452.51	603.98
200	0.0050	0.9950	2.5758	543.04	470.04	627.38
300	0.0033	0.9967	2.7131	571.79	494.93	660.60
400	0.0025	0.9975	2.8070	592.36	512.73	684.36
500	0.0020	0.9980	2.8782	608.41	526.62	702.90
1000	0.0010	0.9990	3.0902	658.91	570.33	761.24

Fuente: Elaboración propia.

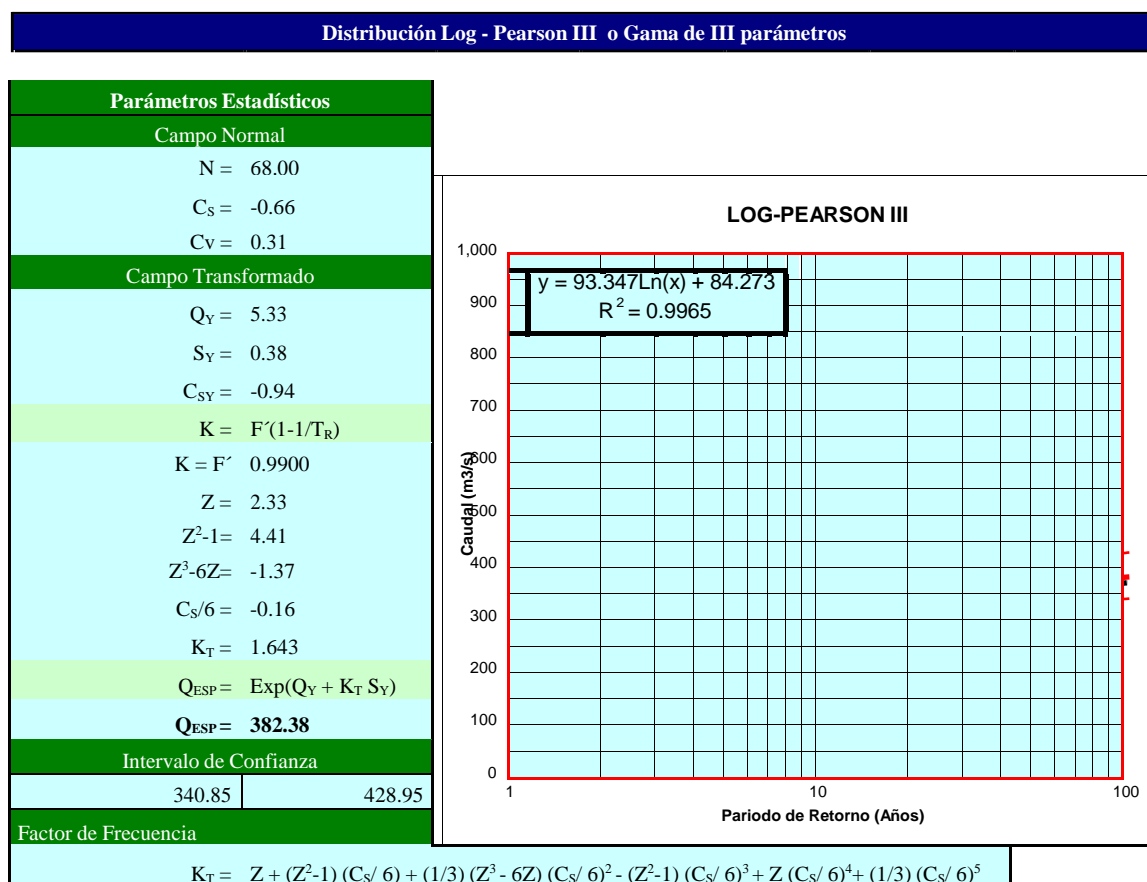
Cuadro 49: Distribución de Gumbel o Extrema tipo I para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).



T _R (Años)	Probabilidad	Ln Ln T _R / (T _R - 1)	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	-0.3665	-0.16	207.98	195.41	220.56
5	0.2000	-1.4999	0.72	268.67	247.50	289.84
10	0.1000	-2.2504	1.30	308.85	280.25	337.44
25	0.0400	-3.1985	2.04	359.61	321.06	398.17
50	0.0200	-3.9019	2.59	397.27	351.14	443.41
75	0.0133	-4.3108	2.91	419.16	368.58	469.75
100	0.0100	-4.6001	3.14	434.66	380.91	488.41
150	0.0067	-5.0073	3.45	456.46	398.25	514.67
200	0.0050	-5.2958	3.68	471.90	410.52	533.29
300	0.0033	-5.7021	4.00	493.66	427.80	559.52
400	0.0025	-5.9902	4.22	509.08	440.05	578.12
500	0.0020	-6.2136	4.39	521.04	449.54	592.55
1000	0.0010	-6.9073	4.94	558.18	479.00	637.37

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 50: Distribución Log - Pearson III o Gama de III parámetros para diferentes periodos de retorno descarga máxima Santa Gertrudis (Q Ticapampa).



T _R (Años)	Probabilidad	Z	K _T	Q _{ESP}	Intervalo de confianza	
					(-)	(+)
2	0.5000	0.0000	0.1527	218.36	202.50	235.47
5	0.2000	0.8416	0.8503	283.84	260.06	309.80
10	0.1000	1.2816	1.1386	316.34	287.31	348.31
25	0.0400	1.7507	1.3944	348.28	313.47	386.96
50	0.0200	2.0537	1.5337	367.00	328.57	409.93
75	0.0133	2.2164	1.6005	376.35	336.05	421.48
100	0.0100	2.3263	1.6428	382.38	340.85	428.95
150	0.0067	2.4747	1.6962	390.13	347.01	438.60
200	0.0050	2.5758	1.7302	395.15	350.99	444.86
300	0.0033	2.7131	1.7735	401.63	356.11	452.97
400	0.0025	2.8070	1.8013	405.84	359.43	458.25
500	0.0020	2.8782	1.8213	408.91	361.85	462.10
1000	0.0010	3.0902	1.8761	417.43	368.53	472.81

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 51: Resultado de caudal de diseño sector Santa Gertrudis (Ticapampa).

Resultado caudal de diseño		
Metodo	R ²	Q(m ³ /s)
Log normal	0.9995	494.42
Gumbel	0.9991	434.66
Log pearson	0.9222	382.38
Mejor ajuste	0.9995	494.00
Seleccionar >>>>>>>>>>	Q(m ³ /s) =	494.00

(*).- R = coeficiente de correlación

Fuente: Elaboración propia.

b) Evaluación geomorfológica

Se determinó las condiciones geomorfológicas, geológicas y geotécnicas del área de estudio.

Se realizó calicatas a lo largo del eje del río, en los extremos de las estructuras, las dimensiones de estas calicatas fueron variables dependiendo de la ubicación, obteniendo una muestra de cada una de ellas y anotando los datos más importantes para su contrastación con la finalidad de contar con una estructura segura sostenible en el tiempo.

El número de muestras de las calicatas se indican a continuación.

Cuadro 52: Resumen de Calicatas

Cuadro de calicatas						
Código	Coordenadas (UTM WGS 84-18S)			Ref. Ubicación		Tipo de material
	Este (m)	Norte (m)	Cota (msnm)	Progresiva	Sector	
C-1	232500.00	8919700.51	3468.90	173+250	Santa Gertrudis	GP Grava pobremente graduada con arena
C-2	232427.72	8919833.23	3464.30	173+400	Santa Gertrudis	GP Grava pobremente graduada con arena

Fuente: Elaboración propia.

Geología regional

La cartografía geológica fue elaborada por el INGEMMET donde se describe la geología regional de la zona de Ticapampa, las rocas más antiguas sin sedimentos de edad cretáceo inferior, conformantes del Grupo Goyllarisquizga, hasta los depósitos inconsolidados de edad reciente (holocena).

Las rocas ígneas intrusivas representada por el emplazamiento “Batolito de la Cordillera Blanca” y las rocas ígneas extrusivas por el emplazamiento de las rocas volcánicas, que dominan la Cordillera Negra.

- Geomorfología

El sector estudiado comprende el distrito de Ticapampa, geomorfológicamente está ubicado en la cuenca superior del río Santa, de la unidad morfoestructural regional “Cordillera Occidental”, que comprende las sub unidades:

Flanco Occidental de la Cordillera Blanca: Accidente geomorfológico con pendiente media de 25°, constituido por abundante material morrénico, con superficie dividida por ríos y quebradas que descienden del área glacial de la Cordillera Blanca entregándose al curso principal del río Santa.

Las quebradas Chaupis, Yarus y el río Yanayacu, que desembocan frente al poblado de Ticapampa, que arrastran materiales en relación con los caudales de aguas en épocas de lluvia, no interrumpen el discurrimiento de las aguas del río Santa.

Flanco Oriental de la Cordillera Negra: Pendiente irregular hacia el este de la ciudad de Ticapampa, variando entre los 10° a 40° de inclinación.

Este flanco, se encuentra disectado por quebradas que en el pasado geológico tuvo actividad glaciaria y que ahora son relieves muy modelados, sin indicios de erosión, con cobertura de material suelto poco significativo, permitiendo el afloramiento de la roca base en varios lugares. Estas quebradas son colectores de aguas que periódicamente caen en las épocas de lluvia, con entregas al cauce del río Santa.

Valle del Río Santa: Curso hidrológico con un recorrido de sur a norte. Este valle se emplaza, a ambos márgenes del río, las terrazas aluviales generadas por el transporte y deposición del material suelto arrastrado por las aguas. Terrazas que han permitido el emplazamiento del poblado de Ticapampa, la misma que está expuesta a erosión, por las aguas del río Santa en su recorrido actual.

- Litología: Rocas de Basamento

Las rocas que constituyen el basamento son:

Rocas Sedimentarias: Frente a la localidad de Ticapampa, en la Cordillera Blanca, aflora un paquete de rocas sedimentarias que pertenecen a las formaciones geológicas denominadas Chimú y Santa, de edad cretácico inferior y está conformada por cuarcita y arenisca blanca que están en bancos con capas escasas de lutitas, en total se presentan como afloramientos rocosos prominentes de la gran llanura

fluvio-glaciar. Sobre las rocas cuarcitas hay escasos estratos de calizas, de color gris oscuro, poco ferruginosas, con mínimas intercalaciones de lutitas.

Rocas Volcánicas: Representado por el “Volcánico Calipuy”, cuyo emplazamiento es a lo largo de la Cordillera Negra con prolongación a la Cordillera Blanca. Están constituidos por brechas volcánicas de color violáceo en estado fresco, que por intemperismo van de color amarillo rojizo, encontrándose fracturado y alterado. También se observa conglomerados, brechas y derrames dacíticos y riolíticos, disturbados.

Rocas Intrusivas: Demarcado en el flanco oriental de la Cordillera Negra, con afloramiento de intrusiones mínimas de algunas chimeneas que eyectaron los derrames volcánicos Calipuy. Se emplaza en la cordillera Negra. Su litología es una roca dacita, textura porfirítica, color gris claro al estado fresco y gris amarillento al intemperismo. Su resistencia es alta al estado fresco y media intemperismo. Su textura es un conjunto de diaclasas y fracturas, con varias direcciones, rellena con milonítico y óxido secundario.

- Material de cobertura

Se determinó todo tipo de material suelto como son:

Depósitos Murrénicos (Q-mo).- Se exponen extensamente en el área de estudio, estando su mejor expresión en el flanco oriental de la Cordillera Blanca, donde se hallan encima de formación cretácica y volcánica Calipuy.

En conjunto, tienen una coloración amarillo oscuro en húmedo y amarillo claro en seco, son poco compactos y muestran una permeabilidad de media a alta.

Depósitos Aluviales (Q-al). - Se distribuyen en ambas márgenes del río Santa, conformando un sistema de terrazas; también se localizan restringidamente en las márgenes de los ríos y quebradas principales, afluentes al río Santa. Un manto de cierta extensión se ubica en el sector Queropata y Pirhuata, en una amplia ladera donde predomina una escorrentía difusa que es causante de estos depósitos cuyo origen son las acumulaciones morrénicas.

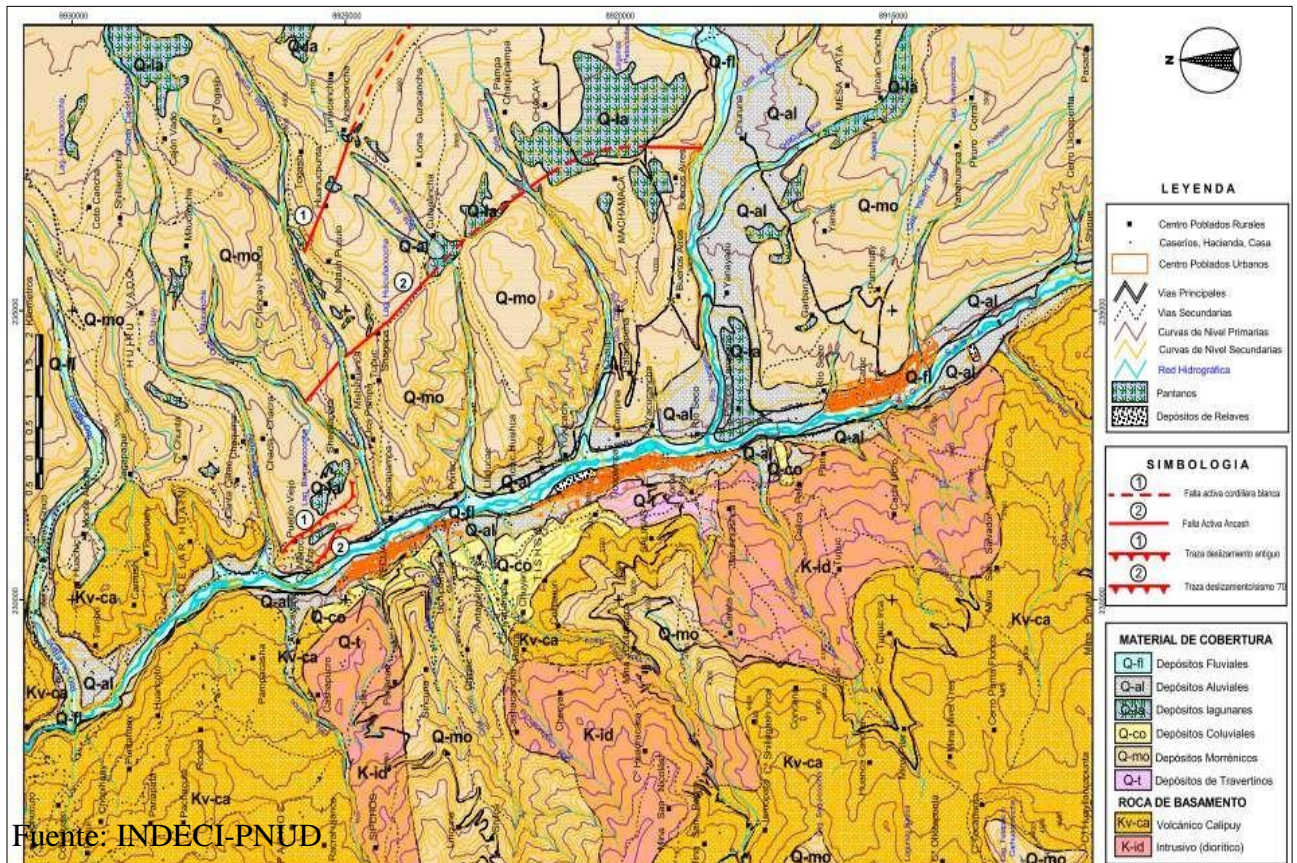
Depósitos de Travertinos (Q-t). - Se presentan constituyendo mantos y costras que reposan mayormente sobre depósitos aluviales, consiste de carbonato de calcio finamente estratificado. Las costras expuestas a la intemperie muestran una tonalidad gris azulada; capas más profundas adoptan una coloración amarillo rojiza. Estos depósitos se localizan en la margen izquierda del río Santa, entre Ticapampa y Recuay. Este alineamiento podría significar que las aguas carbonatadas han emergido a lo largo de una falla y que provienen probablemente de las capas calcáreas del Cretáceo.

Depósitos Diluviales (Q-de). - Se refieren a las acumulaciones detríticas producidas por redeposición de productos de meteorización. Muestran litología y granulometría variada y se ubican principalmente en las laderas, tienen pobre compactación y muestran alta permeabilidad.

Depósitos Fluviales (Q-ft). - Se ubican en el cauce y terrazas anegadiza del Río Santa y sus principales afluentes. Están constituidos por cantos rodados, guijarros y bloques redondeados, con un relleno de gravas y arena limpias sueltas, tienen altas permeabilidad y baja compacidad.

Hielo. - Comprende agua solida de la Cordillera Blanca, cuyo rápido derretimiento marca el proceso de retroceso de los glaciales, con secuelas de desastres de los poblados que se ubican en la parte baja.

Gráfico 22: Mapa geológico del distrito de Ticapampa



Geología local

- Evolución geomorfológica

El río Santa en el sector de Santa Gertrudis, ha erosionado rocas volcánicas y sedimentarias, con desplazamiento lateral a causa de la dinámica glacial. El mecanismo evolutivo del río Santa ha permitido un contacto entre afloramiento de rocas y depósitos de material fluvio-glacial en la margen derecha, con marcada diferencia de su perfil transversal; en la Cordillera Negra el talud sobre roca tiene una pendiente entre 25° y 50°, en la Cordillera Blanca el talud es menor a 15°. Por la erosión del fondo del río y el arrastre de material, se ha dado la creación de “terrazas aluviales” cuyo tamaño tiene relación con la dinámica del río. Estas terrazas aluviales han permitido el emplazamiento de centros poblados, siendo que el sector Santa Gertrudis se ubica en la margen derecha del río Santa.

De lo mencionad, se concluye que las terrazas donde se ubica Santa Gertrudis esta, lateralmente, en contacto afloramientos de roca volcánica, y que pueden estar a mucha profundidad. Por ello que, frente a un evento geológico motivador de un desastre, puede llegar a un desastre.

- Rocas de basamento

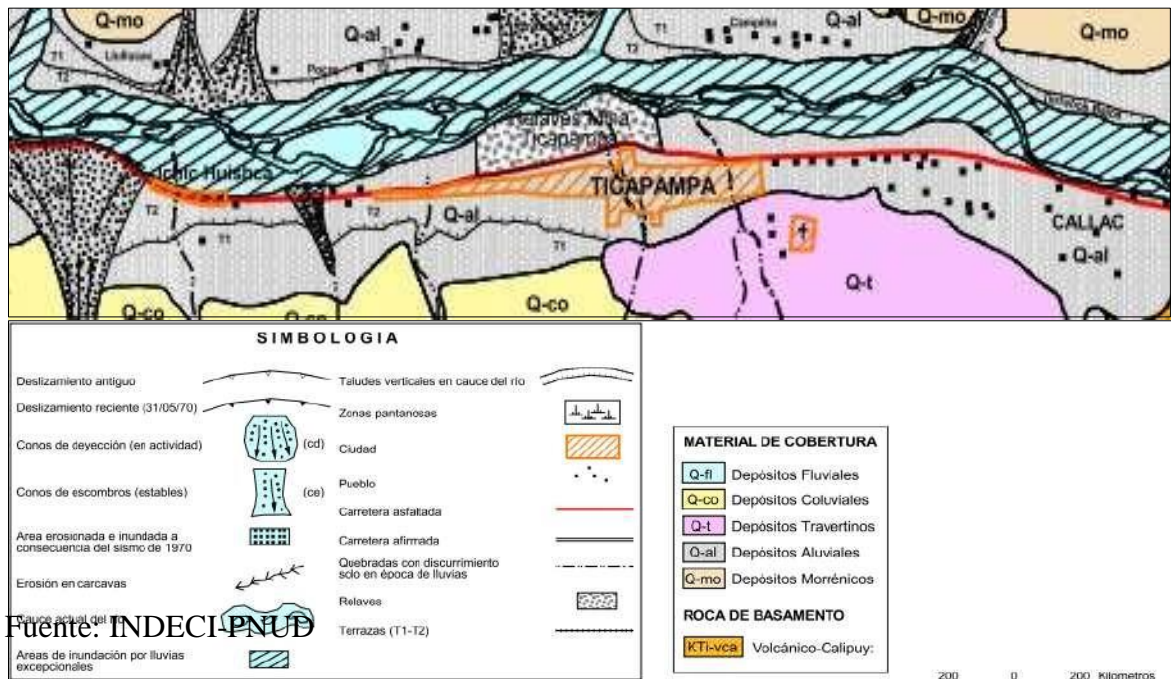
Sobre la plataforma sobre la que se asienta el centro poblado de Santa Gertrudis no existe afloramiento de roca como ocurre en la margen izquierda del río Santa. Por lo que según el perfil geológico se deduce

que bajo la terraza del sector Santa Gertrudis, el manto rocoso se encuentra a mucha profundidad.

- Material de cobertura

En Santa Gertrudis, la terraza está compuesta por material suelto, de cierta compacidad, mediana permeabilidad y una cobertura de material fluvio-glacial, depositado por el hielo en su retroceso regional; que pudo producirse durante la evolución geomorfológica del valle.

Gráfico 23: Mapa de geología local del distrito de Ticapampa



Fuente: INDECI-PNUD

Geodinámica

Los fenómenos de geodinámica externa que más daño provocan en la zona de desbordamiento del Río Santa, son debido a las fuertes precipitaciones pluviales que ocurren principalmente en los meses de

enero a marzo en la zona altas del valle afectando de esta manera las riberas del río en mención, principalmente en esta zona.

La actividad de estos procesos, en el área de estudio, se encuentra en el flanco occidental de la cordillera negra, donde se dan los siguientes factores condicionantes para el desarrollo de dichos fenómenos:

- Abundancia de materiales morrénicos poco consolidados.
- Falta de soporte lateral de las formaciones morrénicas que se hallan libras de apoyo en el fondo del valle (por erosión).
- Fuertes precipitaciones.
- Presencia de lagunas y áreas pantanosas en los niveles superiores.
- Ausencia de Cobertura vegetal.
- Presencia de fallas activas sísmicas contemporáneas.

Los fenómenos de geodinámica externa más caracterizados que se presentan son:

- Erosión de Riberas.
- Erosión de cárcavas.
- Deslizamientos.

Estudio de suelo

Ensayos de laboratorio

Se realizaron los ensayos de laboratorio a las muestras de suelos obtenidos durante la investigación geotécnica de campo. Con las que se realizaron los siguientes ensayos según las normas ASTM y NTP que a continuación se describen:

Lista de ensayos realizados en el laboratorio:

- Ensayos índices de mecánica de suelos:

Contenido de Humedad Natural; ASTM D-2216, NTP 339.127

Análisis Granulométrico; ASTM D-422, NTP 339.128

Límites de Consistencia (Límite Líquido y Límite Plástico); ASTM D4318, NTP 339.129

Clasificación SUCS; ASTM D-2287, NTP 339.134

- Ensayos de peso específico de suelos:

Peso volumétrico de suelos cohesivos; ASTM BS-1377, NTP 339.139

Peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo; ASTM D854, NTP 339.131

- Ensayos de resistencia cortante del suelo:

Corte Directo de suelos bajo condiciones consolidadas drenadas; ASTM D-3080, NTP 339.171

Ensayo Estándar de Suelos

La muestra obtenida que fue llevada al laboratorio para los ensayos estándar con fines de identificación y clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Las propiedades índices de los suelos ensayados se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 53: Resumen de la clasificación de suelos

Sector	Calicata	Profundidad (m)	Muestra	Granulometría			Límites de consistencia		Humedad (%)	Clasif. SUCS
				Gravas (%)	Arenas (%)	Finos (%)	LL (%)	IP (%)		
Santa Gertrudis	C-01	0.00 – 1.60	mab-01	63.99	34.692	1.32	N.P.	N.P.	2.79	GP
Santa Gertrudis	C-02	0.00 – 1.80	mab-01	55.04	41.86	3.10	N.P.	N.P.	4.87	GP

Fuente: Elaboración propia.

Ensayos de Peso Específico Relativo de Suelos

Ensayo de densidad del suelo se determinó en laboratorio de muestra inalterada, para lo cual se tomó una muestra representativa del área de trabajo. Los resultados se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 54: Resumen de ensayo de peso específico relativo del suelo

Sector	Calicata / Muestra	Clasificación SUCS	Peso específico relativo (Gs)
Santa Gertrudis	C-01/mab-01	GP	2.76
Santa Gertrudis	C-02/mab-01	GP	2.74

Fuente: Elaboración propia

Ensayos Especiales de Suelos

El ensayo se realizó de la muestra representativa que ha sido remoldeada en laboratorio para ensayo de Corte Directo NTP 339.171-2002 (ASTM D3080), cuyos resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 55: Resumen de los ensayos de resistencia de corte directo

Calicata/Muestra	Calicata/Muestra	Resistencia Máxima		Resistencia Residual	
		ϕ (°)	c (Kg/cm ²)	ϕ (°)	c (Kg/cm ²)
Rosario	C-01/mab-01	32.54	0.10	32.86	0.09
Rosario	C-02/mab-01	34.55	0.02	34.36	0.02

Fuente: Elaboración propia

Análisis de la cimentación

Para las condiciones de cimentación indicada y para varias dimensiones de cimentación, las cargas de rotura por corte, factor de seguridad considerado según la norma E-050 (FS) y factor de seguridad calculado (FSc), se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 56: Resumen de los resultados de carga de rotura por corte y factor de seguridad

Sector	Calicata / Estrato	D _f (m)	B (m)	L (m)	q _{ult} (Kg/cm ²)	q _{admxcorte} (Kg/cm ²)	FS	
							Calculado	E-050
Santa Gertrudis	C-01/mab-01	1.80	1.80	1.00	1.19	1.11	3.22	3.00
Santa Gertrudis	C-02/mab-01	1.80	1.50	1.00	1.37	1.33	3.08	3.00

Fuente: Elaboración propia

Análisis de Asentamientos

Para las condiciones de cimentación mencionadas, se ha tomado el criterio de que el asentamiento diferencial admisible se limita a 1 pulgada (2.54 cm.) de acuerdo a Terzaghi y Peck (1967). El asentamiento inmediato se ha calculado en base al método elástico, usando módulo de elasticidad calculado a partir de los ensayos de corte directo. Los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Cuadro 57: Resumen de los resultados de capacidad de carga por asentamiento y los asentamientos inmediatos

Sector	Calicata / Estrato	B (m)	L (m)	E (Tn/m ²)	⊕	q _{admxcort} (Kg/cm ²)	Asentamientos	
							S _i (cm)	S _d (cm)
Santa Gertrudis	C-01/mab-01	1.80	1.00	724	0.20	1.28	2.22	1.67
Santa Gertrudis	C-02/mab-01	1.50	1.00	690	0.20	1.32	2.58	1.94

Fuente: Elaboración propia

Presión admisible del suelo

La presión admisible del suelo es la menor de la que se obtiene mediante los resultados de cálculos de capacidad de carga por corte afectada por el factor de seguridad correspondiente (q_{admxcorte}) y capacidad de carga por asentamiento (q_{admxcort}). Por lo tanto, la

presión admisible de diseño es (q_{adm}). Que se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 58: Resumen de los resultados de presión admisible del suelo

Sector	Calicata / Estrato	D_f (m)	B (m)	L (m)	$q_{adm\text{corte}}$ (Kg/cm ²)	$q_{adm\text{asent}}$ (Kg/cm ²)	q_{adm} (Kg/cm ²)
Santa Gertrudis	C-01/mab-01	1.80	1.80	1.00	1.19	1.28	1.19
Santa Gertrudis	C-02/mab-01	1.80	1.50	1.00	1.37	1.32	1.37

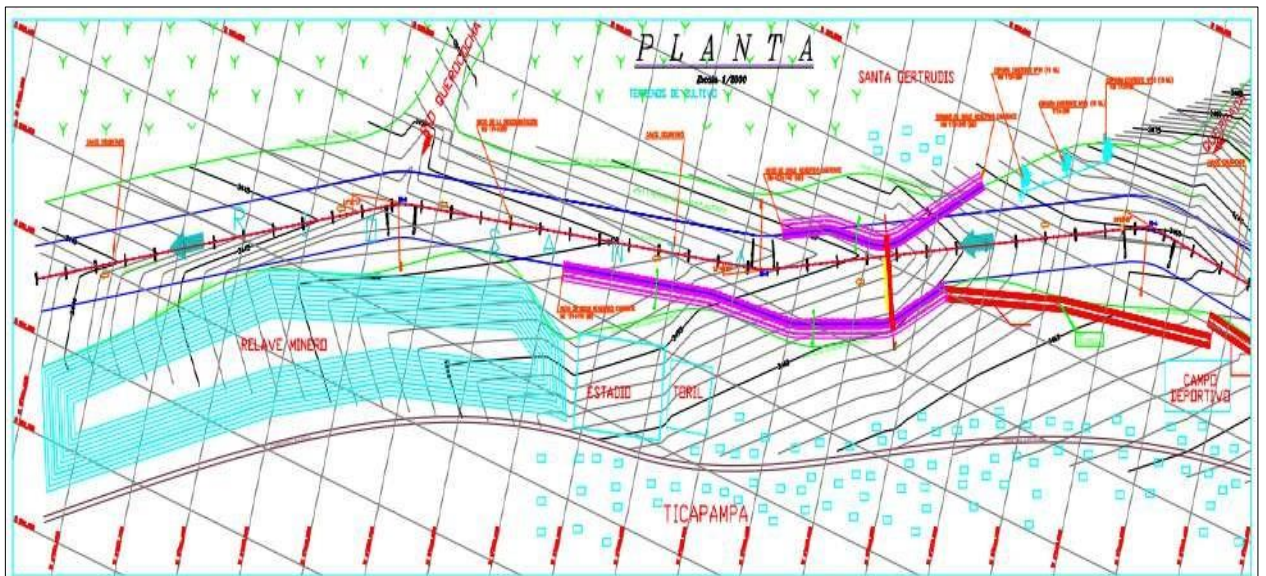
Fuente: Elaboración propia

Topografía

Para el presente estudio se ha realizado:

- El levantamiento topográfico, en una longitud promedio de 2,000 m y un ancho promedio de 200 m.
- Producto de este levantamiento se ha obtenido los planos de la zona de estudio en coordenadas UTM.
- Escalas: Plano en planta 1/1000, secciones transversales, perfil longitudinal y detalles 1/100, H=1/2000, V=1/200.

Gráfico 24: Plano en planta de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia

c) Evaluación hidráulica

□ Características hidráulicas del cauce del río Santa sector Santa Gertrudis.

Longitud: 2,000.00 ml

Ancho: 70.00 ml

Pendiente mínima: 0.408 %

Radio de Curvatura: 200.00 ml

Cauce natural; Cauce con fuerte transporte de acarreo

Talud de las márgenes: z=2

Altura mínima; 3438.00 m.s.n.m.

Altura máxima: 3465.13 m.s.n.m.

□ Revisión del modelo digital de elevaciones a emplear para las simulaciones hidráulicas.

El modelamiento digital se realizará con dos periodos de retorno de 50 años y 100 años.

□ Inventario de infraestructura hidráulica y obras de paso situados en el cauce de los ríos.

Se encontraron dos tipos de estructuras:

- Dique de material propio protegido con colchones antisocavantes en una longitud de 350 ml, las dimensiones se muestran en el gráfico siguiente:

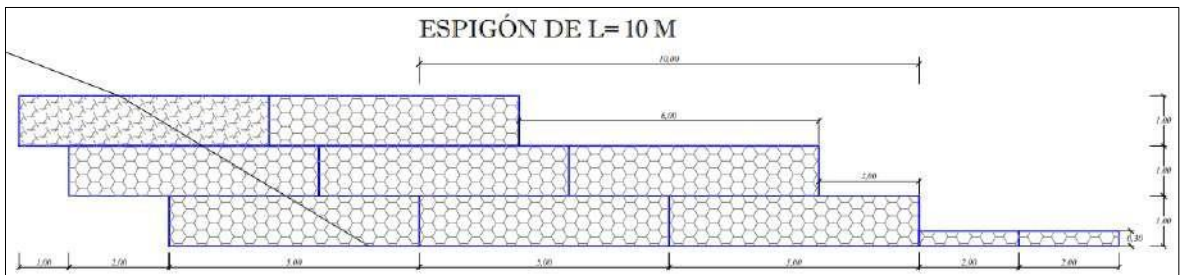
Gráfico 25: Sección de dique protegido



Fuente: Elaboración propia

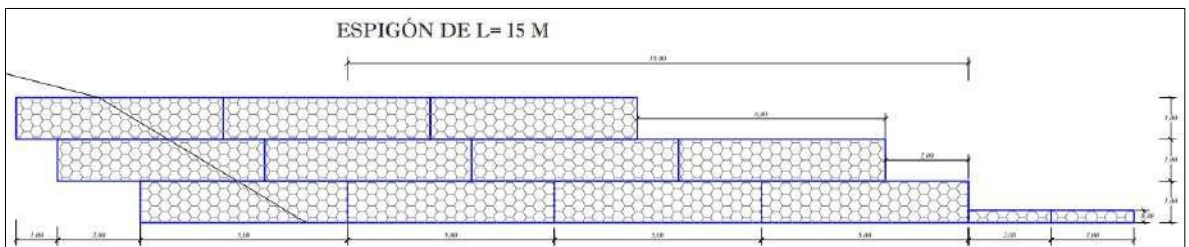
- Espigón de gaviones caja rellenos de piedra en una cantidad de 3 unidades con una longitud de 02 espigones de 10 ml y 01 espigón de 15 ml, las dimensiones se muestran en el gráfico siguiente:

Gráfico 26: Sección de espigón de 10 m



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 27: Sección de espigón de 15 m



Fuente: Elaboración propia

□ **Determinación del coeficiente de rugosidad de Manning.**

Rugosidad de Manning para cauces de río con fuerte transporte de acarreo (n) = 0.035.

□ **Aplicación del modelamiento con Hec Has o Iber.**

Se aplicó el modelamiento con Hec Has V 5.0.1.

□ **Obtención de los tirantes del flujo y campos de velocidades en las secciones de los cauces en evaluación.**

Se presenta los resultados del modelamiento hidráulico.

Cuadro 59: Valores Hidráulicos mediante modelación HEC-RAS TR=50 años

Progresiva	Periodo de retorno	Caudal	Elevación mínima	Elevación del agua	Elevación crítica	Elevación de energía	Línea de energía	Velocidad	Área de flujo	Espejo de agua
m	años	m ³ /s	m	m	m	m	m/m	m/s	m ²	m
173100	50	446	3470	3472.06	3472.06	3472.38	0.012394	2.87	163.83	169.2
173120	50	446	3470	3471.81		3472.13	0.007118	2.42	182.22	169
173140	50	446	3469.99	3471.54	3471.54	3471.86	0.013876	2.78	161.59	167.3
173160	50	446	3469	3471.23	3471.23	3471.55	0.014799	2.83	159.95	168.2
173180	50	446	3469	3470.82	3470.82	3471.14	0.01446	3.1	149.6	151.6
173200	50	446	3469	3470.81		3471.13	0.006886	2.14	186.79	159.5
173220	50	446	3469	3470.51	3470.51	3470.83	0.013334	2.63	161.07	158.3
173240	50	446	3468.49	3470.23	3470.23	3470.55	0.013397	2.69	159.08	157.1
173260	50	446	3467.98	3469.87	3469.87	3470.19	0.012345	2.82	160.02	158.2
173280	50	446	3467.08	3469.48	3469.48	3469.8	0.013039	2.92	159.34	152.4
173300	50	446	3466.99	3469.22	3469.22	3469.54	0.013124	2.87	162.43	165.8
173320	50	446	3466.32	3468.71	3468.71	3469.03	0.01228	2.69	162.5	167.2
173340	50	446	3466	3468.26	3468.26	3468.58	0.01319	2.94	156.03	151.9
173360	50	446	3465.98	3467.76	3467.76	3468.08	0.014723	3.06	151.11	146.3
173380	50	446	3465.88	3467.49	3467.49	3467.81	0.01349	2.71	158.32	157.6
173400	50	446	3465.27	3467.19	3467.19	3467.51	0.011338	2.64	165.4	164.3
173420	50	446	3464.99	3467.13		3467.45	0.005327	2.15	194.2	166.5
173440	50	446	3464.92	3466.75	3466.75	3467.07	0.013216	3.15	150.94	135.2
173460	50	446	3464	3466.47	3466.47	3466.79	0.010893	3.02	153.4	135.1
173480	50	446	3464	3466.28	3466.28	3466.6	0.010467	3.01	160.13	150
173500	50	446	3463.99	3465.8	3465.8	3466.12	0.012434	3.14	154.92	144.6
173520	50	446	3463.18	3465.55	3465.55	3465.87	0.010749	3.01	159.98	145.4
173540	50	446	3463	3465.32	3465.32	3465.64	0.010166	3.02	159.61	141.6
173560	50	446	3462.99	3465.02		3465.34	0.008969	2.63	164.1	131
173580	50	446	3462.97	3464.74	3464.74	3465.06	0.012124	2.98	154.2	137.6
173600	50	446	3462.93	3464.51	3464.51	3464.83	0.014646	2.83	157.47	156.7
173620	50	446	3462.03	3464.13	3464.13	3464.45	0.011822	2.39	162.64	162.5
173640	50	446	3461.81	3463.45	3463.45	3463.77	0.013836	2.7	150.92	126.7
173660	50	446	3461.31	3463.14	3463.14	3463.46	0.013568	3.01	151.16	129.7
173680	50	446	3460.98	3462.98	3462.98	3463.3	0.008165	2.73	168.7	153.3
173700	50	446	3460.93	3462.84	3462.84	3463.16	0.008083	2.69	173.54	169.4

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 60: Valores Hidráulicos mediante modelación HEC-RAS TR=100 años

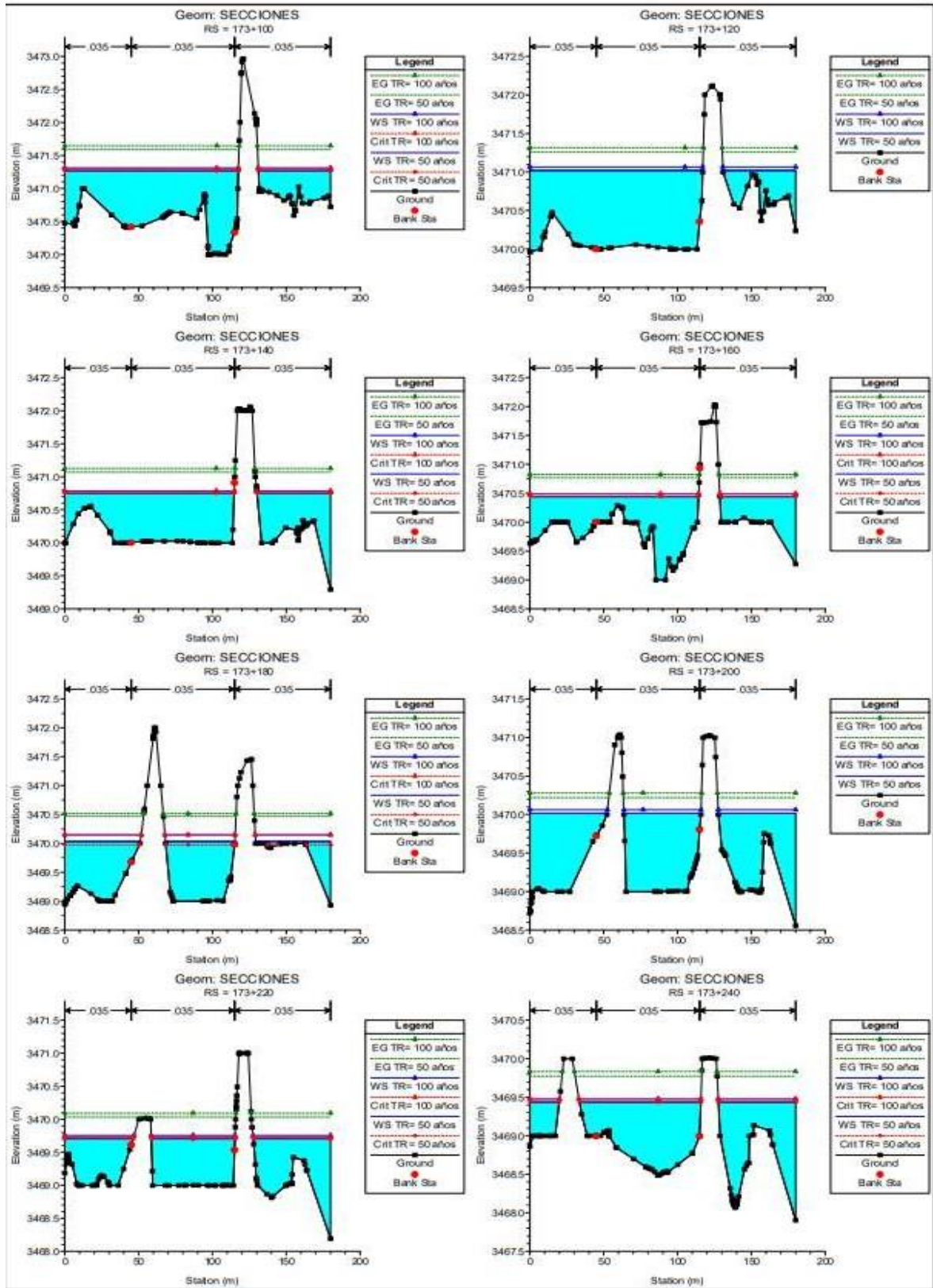
Progresiva	Periodo de retorno	Caudal	Elevación mínima	Elevación del agua	Elevación crítica	Elevación de la energía	Línea de energía	Velocidad	Área de flujo	Espejo de agua
m	años	m ³ /s	m	m	m	m	m	m/s	m ²	m
173100	100	494	3470	3472.38	3472.38	3472.7	0.012202	2.95	190.22	173.14
173120	100	494	3470	3472.13		3472.45	0.007094	2.49	209.54	172.89
173140	100	494	3469.99	3471.85	3471.85	3472.17	0.014113	2.89	186.49	171.27
173160	100	494	3469	3471.56	3471.56	3471.88	0.01415	2.89	186.89	172.16
173180	100	494	3469	3471.22	3471.22	3471.54	0.010823	2.89	186.56	156.71
173200	100	494	3469	3471.13		3471.45	0.006907	2.22	213.59	163.79
173220	100	494	3469	3470.82	3470.82	3471.14	0.013372	2.71	186.56	162.88
173240	100	494	3468.49	3470.55	3470.55	3470.87	0.013258	2.78	184.99	161.66
173260	100	494	3467.98	3470.19	3470.19	3470.51	0.012361	2.92	185.74	162.63
173280	100	494	3467.08	3469.8	3469.8	3470.12	0.013027	3.01	184.87	156.6
173300	100	494	3466.99	3469.54	3469.54	3469.86	0.013103	2.96	188.15	169.99
173320	100	494	3466.32	3469.03	3469.03	3469.35	0.012144	2.78	188.94	172.53
173340	100	494	3466	3468.58	3468.58	3468.9	0.013158	3.03	181.82	158.5
173360	100	494	3465.98	3468.15	3468.15	3468.47	0.011929	2.99	186.73	162.49
173380	100	494	3465.88	3467.83	3467.83	3468.15	0.012396	2.75	187.62	166.63
173400	100	494	3465.27	3467.55	3467.55	3467.87	0.009795	2.61	197.18	168.34
173420	100	494	3464.99	3467.5	3467.5	3467.82	0.004751	2.14	228.44	170.63
173440	100	494	3464.92	3467.03	3467.03	3467.35	0.015528	3.43	170.78	139.22
173460	100	494	3464	3466.8	3466.8	3467.12	0.01098	3.13	179.35	143.8
173480	100	494	3464	3466.6	3466.6	3466.92	0.010612	3.12	186.06	159.03
173500	100	494	3463.99	3466.15	3466.15	3466.47	0.010974	3.1	185.83	153.87
173520	100	494	3463.18	3465.88	3465.88	3466.2	0.010693	3.1	186.44	151.77
173540	100	494	3463	3465.64	3465.64	3465.96	0.010412	3.14	184.88	147.72
173560	100	494	3462.99	3465.34		3465.66	0.009465	2.75	188.6	137.54
173580	100	494	3462.97	3465.09	3465.09	3465.41	0.011504	3.01	182.5	148.82
173600	100	494	3462.93	3464.84	3464.84	3465.16	0.014169	2.9	184.12	161.85
173620	100	494	3462.03	3464.45	3464.45	3464.77	0.011933	2.48	188.54	167.42
173640	100	494	3461.81	3463.78	3463.78	3464.1	0.013804	2.81	175.88	130.71
173660	100	494	3461.31	3463.47	3463.47	3463.79	0.013235	3.09	177.07	135.27
173680	100	494	3460.98	3463.3	3463.3	3463.62	0.008357	2.83	194.59	160.3
173700	100	494	3460.93	3463.17	3463.17	3463.49	0.008069	2.77	200.79	173.52

Fuente: Elaboración propia

□ **Calibración y verificación del modelo hidráulico con los datos recopilados en estudios y proyectos anteriores.**

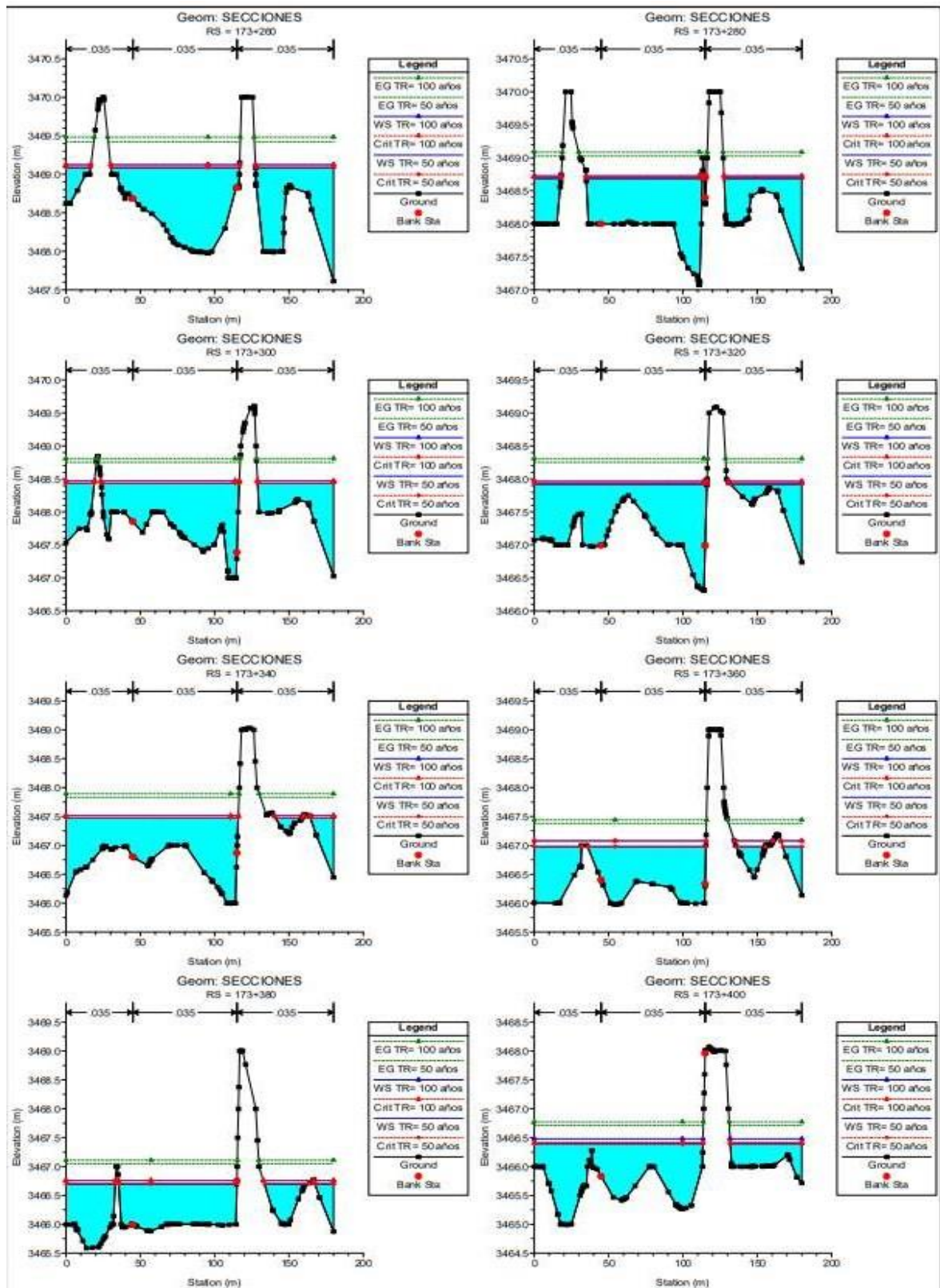
Se presenta las secciones del modelamiento hidráulico, donde se observa el desborde del río para los periodos de retorno de 50 y 100 años.

Gráfico 28: Sección del modelamiento hidráulico km 173+100 al km 173+240



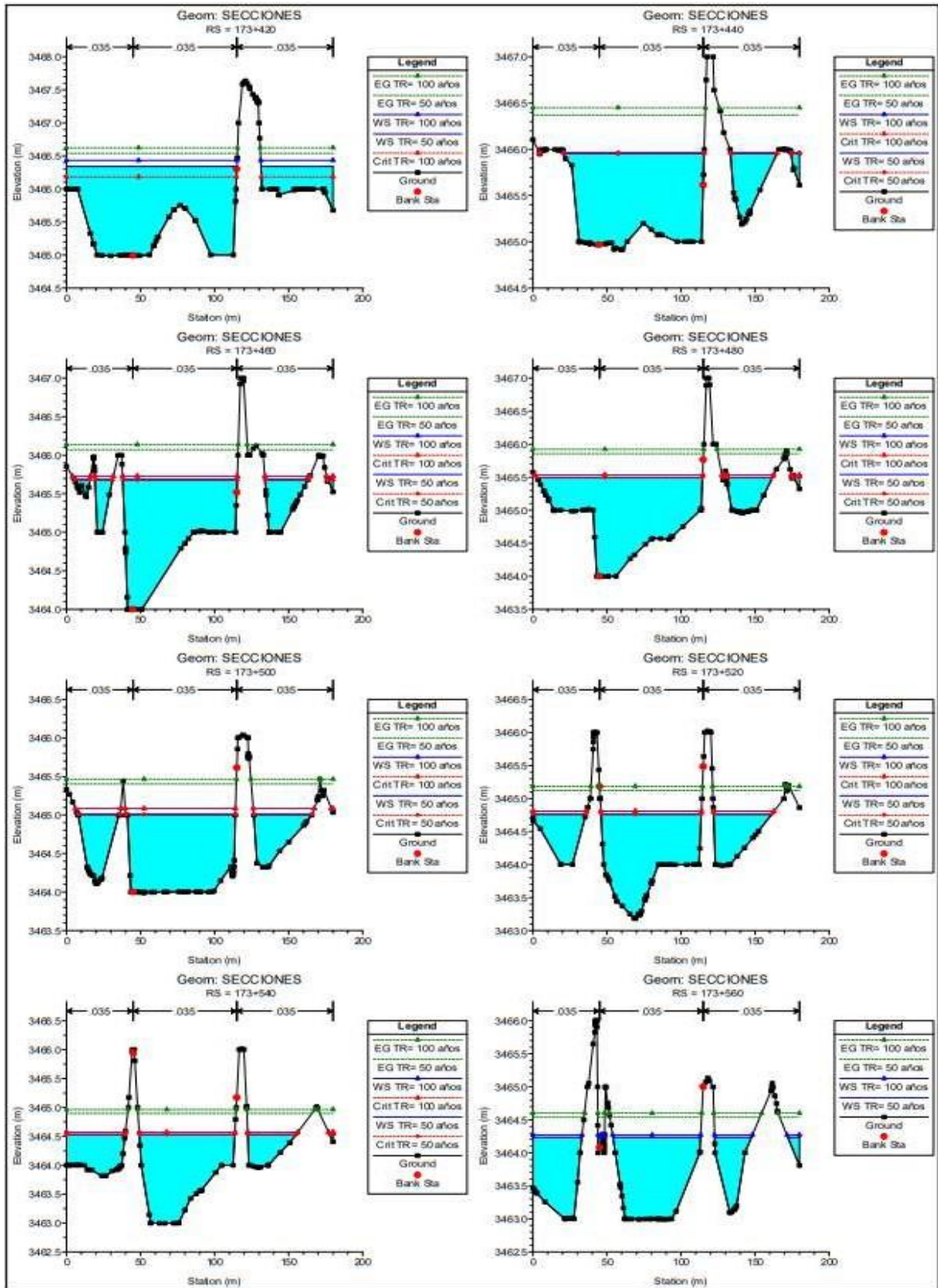
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 29: Sección del modelamiento hidráulico km 173+260 al km 173+400



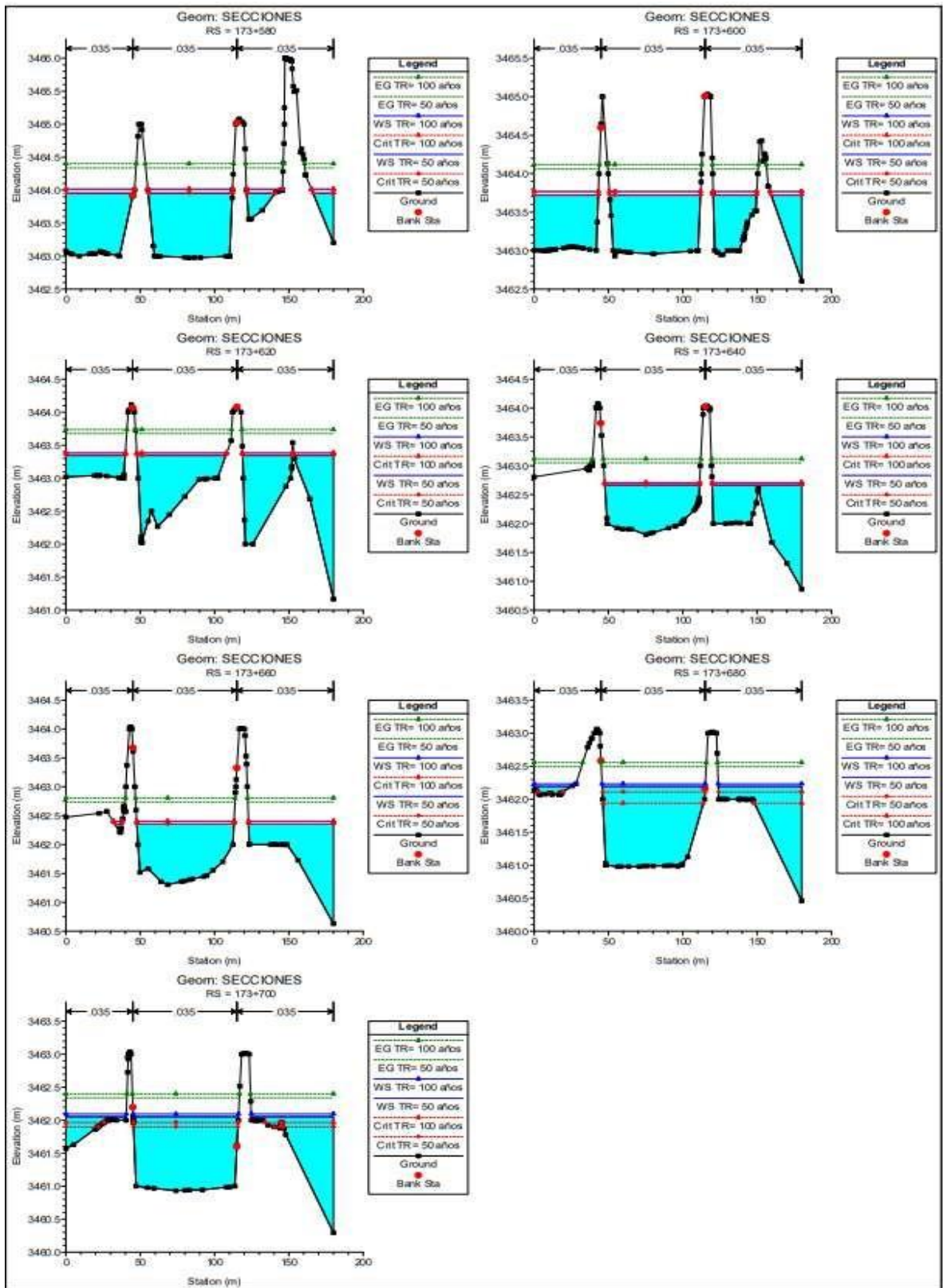
Fuente: Elaboración propia

Gráfico 30: Sección del modelamiento hidráulico km 173+420 al km 173+560



Fuente: Elaboración propia

Gráfico 31: Sección del modelamiento hidráulico km 173+580 al km 173+700



Fuente: Elaboración propia

d) Evaluación estructural

Evaluación de la socavación

La socavación se produce por la contracción del flujo producida por la reducción de la sección del cauce por la construcción de terraplenes y por la acumulación de sedimentos que bloquean parte de la sección recta.

El cálculo de la socavación se realizó con el método de Lischtyan-Levediev, el cual se fundamenta en el equilibrio que debe existir entre la velocidad media real de la corriente (V_r) y la velocidad media erosiva (V_e).

Velocidad media real:

$$Q_d = \frac{A}{n} R^{2/3} S^{1/2} \dots\dots\dots 7$$

Donde:

Q_d = caudal de diseño [m³/s]

A = área hidráulica [m²]

R = radio hidráulico [m]

S = pendiente hidráulica, o, pendiente media del río asumiendo flujo uniforme

n = coeficiente de rugosidad de Manning

$$\alpha = \frac{Q_d}{AR^{2/3}} = \frac{S^{1/2}}{n} \dots\dots\dots 8$$

α = coeficiente de sección dependiente de las características hidráulicas.

R = h, asumiendo que el perímetro mojado es igual al ancho libre de la superficie del agua, lo cual es válido para cauces muy anchos.

$$\pm = \frac{I^{1/2}}{n} = \frac{Q}{Bh^{5/3}} = \frac{Q_d}{Bh_m^{5/3}} \dots\dots\dots 9$$

$$h = h = \frac{A}{B} \dots\dots\dots 10$$

$$H_s = \frac{\pm h^{5/3}}{V_r} \dots\dots\dots 11$$

La condición de equilibrio se logra cuando la velocidad real y la velocidad erosiva son iguales.

La velocidad erosiva es la que levanta y mantiene el material en movimiento.

$$V_e = 0.68 \cdot D_m^{0.28} \cdot H_s \dots\dots\dots 12$$

$$" = 0.7929 + 0.0973 \text{Log}(Tr) \dots\dots\dots 13$$

Tr: tiempo de retorno 100 años

Curva granulométrica de la Calicata D50

$$z = 0.394557 \cdot D_m + 0.04136 \text{Log}(D_m) + 0.00891 \text{Log}(D_m)^2 \dots\dots\dots 14$$

Hs: Profundidad de socavación

$$H_s = \left[\frac{\pm h^{5/3}}{0.68 \cdot D_m} \right]^{1/(1+z)} \dots\dots\dots 15$$

Información básica.

D50= 12.50 mm

Cuadro 61: Estimación de la socavación TR= 50 años

Progresiva	α	h	Dm	β	z	Hs	Hs - h
m		(m)	(mm)			(m)	(m)
173100	0.92	2.4	12.50	0.9582	0.33850	2.62	0.26
173120	1.11	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.63	0.52
173140	1.41	1.9	12.50	0.9582	0.33850	2.66	0.81
173160	0.83	2.5	12.50	0.9582	0.33850	2.64	0.11
173180	1.21	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.79	0.67
173200	1.17	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.71	0.60
173220	1.55	1.8	12.50	0.9582	0.33850	2.76	0.95
173240	1.26	2	12.50	0.9582	0.33850	2.74	0.70
173260	1.11	2.2	12.50	0.9582	0.33850	2.72	0.53
173280	0.81	2.7	12.50	0.9582	0.33850	2.79	0.09
173300	0.84	2.5	12.50	0.9582	0.33850	2.66	0.13
173320	0.75	2.7	12.50	0.9582	0.33850	2.66	-0.03
173340	0.88	2.6	12.50	0.9582	0.33850	2.79	0.23
173360	1.30	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.85	0.77
173380	1.41	1.9	12.50	0.9582	0.33850	2.75	0.84
173400	1.05	2.2	12.50	0.9582	0.33850	2.67	0.45
173420	0.88	2.4	12.50	0.9582	0.33850	2.65	0.21
173440	1.34	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.98	0.85
173460	0.86	2.8	12.50	0.9582	0.33850	2.98	0.21
173480	0.88	2.6	12.50	0.9582	0.33850	2.81	0.23
173500	1.28	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.87	0.76
173520	0.86	2.7	12.50	0.9582	0.33850	2.86	0.19
173540	0.90	2.6	12.50	0.9582	0.33850	2.90	0.28
173560	1.18	2.3	12.50	0.9582	0.33850	3.03	0.70
173580	1.38	2.1	12.50	0.9582	0.33850	2.96	0.89
173600	1.46	1.9	12.50	0.9582	0.33850	2.76	0.88
173620	0.93	2.4	12.50	0.9582	0.33850	2.68	0.28
173640	1.67	1.9	12.50	0.9582	0.33850	3.12	1.18
173660	1.39	2.1	12.50	0.9582	0.33850	3.06	0.93
173680	1.05	2.3	12.50	0.9582	0.33850	2.77	0.47
173700	1.03	2.2	12.50	0.9582	0.33850	2.62	0.41

Fuente: Elaboración propia

Profundidad de socavación promedio calculado es de 1.18 m, desde el lecho del río para el periodo de retorno de 50 años.

Cuadro 62: Estimación de la socavación TR= 100 años

Progresiva	α	h (m)	Dm (mm)	β	z	Hs (m)	Hs - h (m)
173100	1.27	2.7	12.50	0.9875	0.33850	3.24	0.56
173120	1.41	2.4	12.50	0.9875	0.33850	3.10	0.67
173140	1.63	2.2	12.50	0.9875	0.33850	2.98	0.82
173160	1.20	2.9	12.50	0.9875	0.33850	3.36	0.50
173180	1.43	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.29	0.77
173200	1.46	2.4	12.50	0.9875	0.33850	3.17	0.74
173220	1.72	2.1	12.50	0.9875	0.33850	3.03	0.91
173240	1.52	2.4	12.50	0.9875	0.33850	3.16	0.80
173260	1.41	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.23	0.72
173280	1.20	3	12.50	0.9875	0.33850	3.59	0.57
173300	1.21	2.9	12.50	0.9875	0.33850	3.37	0.52
173320	1.14	3	12.50	0.9875	0.33850	3.46	0.45
173340	1.24	2.9	12.50	0.9875	0.33850	3.48	0.60
173360	1.44	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.21	0.74
173380	1.57	2.3	12.50	0.9875	0.33850	3.06	0.81
173400	1.34	2.6	12.50	0.9875	0.33850	3.22	0.64
173420	1.22	2.8	12.50	0.9875	0.33850	3.34	0.53
173440	1.62	2.4	12.50	0.9875	0.33850	3.41	1.00
173460	1.22	3.1	12.50	0.9875	0.33850	3.76	0.66
173480	1.23	2.9	12.50	0.9875	0.33850	3.49	0.59
173500	1.49	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.28	0.82
173520	1.22	3	12.50	0.9875	0.33850	3.62	0.62
173540	1.26	2.9	12.50	0.9875	0.33850	3.62	0.68
173560	1.46	2.7	12.50	0.9875	0.33850	3.55	0.90
173580	1.55	2.4	12.50	0.9875	0.33850	3.31	0.89
173600	1.64	2.2	12.50	0.9875	0.33850	3.08	0.87
173620	1.28	2.7	12.50	0.9875	0.33850	3.31	0.59
173640	1.82	2.3	12.50	0.9875	0.33850	3.45	1.18
173660	1.61	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.48	1.02
173680	1.36	2.6	12.50	0.9875	0.33850	3.31	0.69
173700	1.34	2.5	12.50	0.9875	0.33850	3.16	0.62

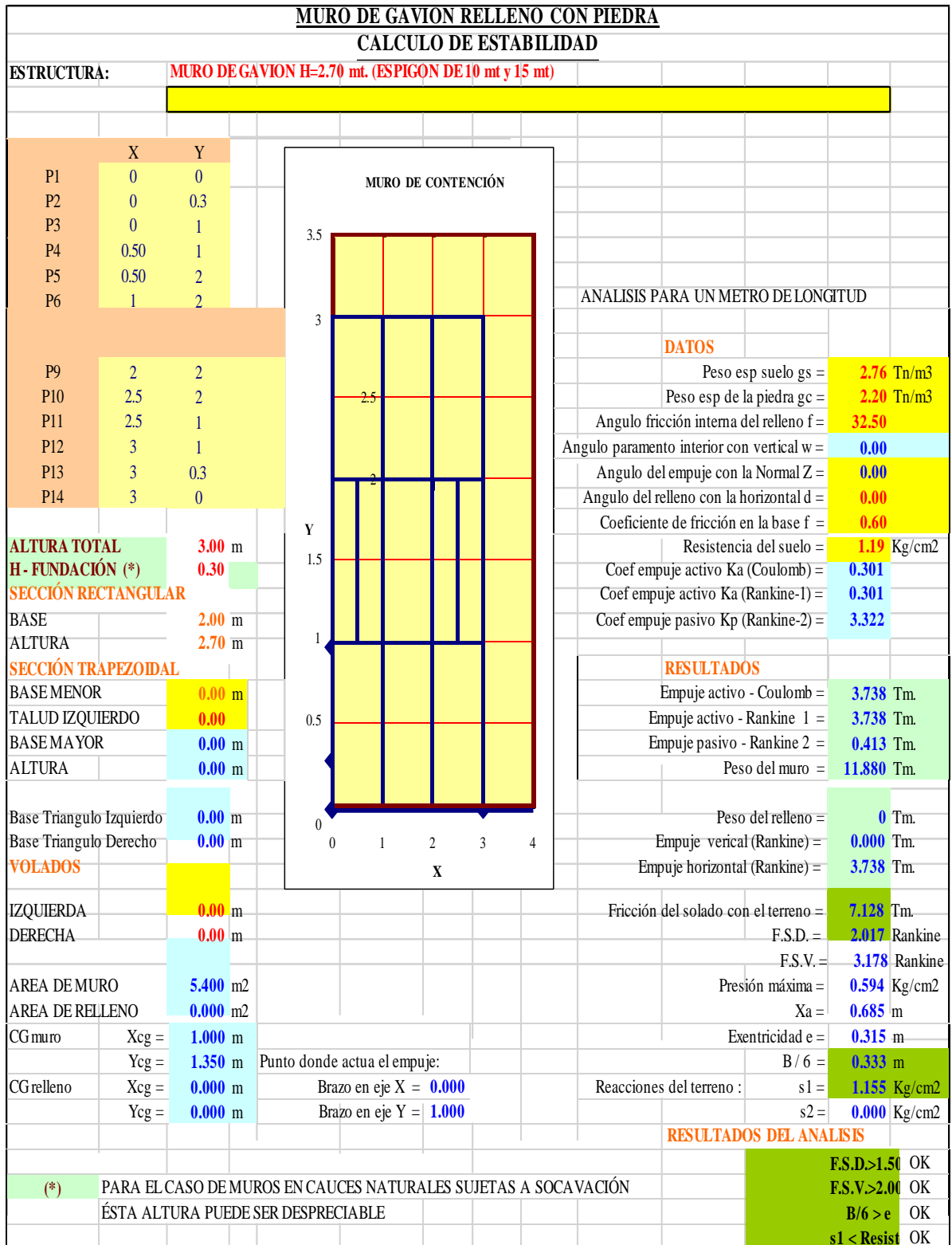
Fuente: Elaboración propia

Profundidad de socavación promedio calculado es de 1.18m, desde el lecho del río para el periodo de retorno de 100 años.

Evaluación de la estabilidad de los muros de gaviones

Para la evaluación de la estabilidad de muros, se empleó la hoja de cálculo, considerando la información básica del estudio de mecánica de suelos, los que se muestra a continuación:

Gráfico 32: Calculo de estabilidad de muro de gavión (espigón)



Fuente: <https://www.civilexcel.com/2015/02/muro-de-contencion-de-gravedad-analisis.html>

Gráfico 33: Calculo de estabilidad del dique protegido

DIQUE DE MATERIAL PROPIO DE RIO			
CALCULO DE ESTABILIDAD			
ESTRUCTURA:		DIQUE H=2.50 mt.	
	X	Y	ANALISIS PARA UN METRO DE LONGITUD
P1	0	0	
P2	5	2.5	
P3	10	2.5	
P4	15	0	
P5	0	0	
P6	0	0	
P7	0	0	
P8	0	0	
		MURO DE CONTENCIÓN	
H - FUNDACIÓN (*)		0.00	
SECCIÓN RECTANGULAR			
BASE	5.00 m		
ALTURA	2.50 m		
SECCIÓN TRAPEZOIDAL			
BASE MENOR	5.00 m		
TALUD IZQUIERDO	2.00		
BASE MAYOR	5.00 m		
ALTURA	0.00 m		
Base Triangulo Izquierdo	5.00 m		
Base Triangulo Derecho	5.00 m		
VOLADOS			
IZQUIERDA	0.00 m		
DERECHA	0.00 m		
AREA DE MURO	12.500 m ²		
AREA DE RELLENO	0.000 m ²		
CG muro	Xcg =	2.500 m	
	Ycg =	1.250 m	
CG relleno	Xcg =	0.000 m	
	Ycg =	0.000 m	
Punto donde actua el empuje:			
		Brazo en eje X =	13.333
		Brazo en eje Y =	0.833
		DATOS	
		Peso esp suelo gs =	2.76 Tn/m ³
		Peso esp del suelo gc =	2.76 Tn/m ³
		Angulo fricción interna del relleno f =	32.50
		Angulo paramento interior con vertical w =	0.00
		Angulo del empuje con la Normal Z =	0.00
		Angulo del relleno con la horizontal d =	0.00
		Coeficiente de fricción en la base f =	0.60
		Resistencia del suelo =	Kg/cm ²
		Coef empuje activo Ka (Coulon)	0.301
		Coef empuje activo Ka (Rankine)	0.301
		Coef empuje pasivo Kp (Rankine)	3.322
RESULTADOS			
		Empuje activo - Coulo:	2.596 Tm.
		Empuje activo - Rankine	2.596 Tm.
		Empuje pasivo - Rankine	0.000 Tm.
		Peso del mu	34.500 Tm.
		Peso del relle	0 Tm.
		Empuje verical (Rankin	0.000 Tm.
		Empuje horizontal (Rankin	2.596 Tm.
		Fricción del solado con el terre	20.700 Tm.
		F.S.D. =	7.974 Rankine
		F.S.V. =	39.869 Rankine
		Presión máxima =	0.690 Kg/cm ²
		Xa =	2.437 m
		Exentricidad e =	0.063 m
		B / 6 =	0.833 m
		Reacciones del terreno :	s1 = 0.742 Kg/cm ²
			s2 = 0.000 Kg/cm ²
RESULTADOS DEL ANALISIS			
		F.S.D.>1.50	OK
		F.S.V.>2.00	OK
		B/6 > e	OK
		s1 < Resistencia suelo	OK
(*) PARA EL CASO DE MUROS EN CAUCES NATURALES SUJETAS A SOCA VACIÓN ÉSTA ALTURA PUEDE SER DESPRECIABLE			

Fuente: <https://www.civilexcel.com/2015/02/muro-de-contencion-de-gravedad-analisis.html>

Los resultados muestran que las estructuras existentes cumplen con el análisis de estabilidad.

e) Evaluación social

En el Sector Santa Gertrudis se cuenta con una población total de 26 familias, de las cuales se utilizó la siguiente fórmula para determinar el tamaño de muestra para el estudio, con una confiabilidad del 90%.

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{Z^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q} \dots \dots \dots 16$$

Donde

N = (64) Total de familias

Zx =1.645(90% de confianza)

p = Proporción esperada 10% (0.10)

q = 1-p (1-0.10=0.90)

d = 0.10 Precisión en su investigación

$$n = \frac{26 * 1.645^2 * 0.1 * 0.9}{0.1^2 * (26 - 1) + 1.645^2 * 0.1 * 0.9}$$

$$n = 13$$

Por lo tanto, la muestra a tomar en cuenta es de 13 familias en el Sector Santa Gertrudis.

Usuarios

1. ¿Cuenta con el servicio de agua potable en su vivienda?

Cuadro 63: Servicio del agua potable.

Servicio de agua potable	Usuarios	Porcentaje
Cuentan con servicio de agua potable	13	100 %
No cuentan con servicio de agua potable	0	0 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

2. ¿Cuenta con el servicio de disposición de excretas?

Cuadro 64: Servicio de disposición de excretas

Servicio de disposición de excretas	Usuarios	Porcentaje
Cuentan con servicio de disposición de excretas	13	100 %
No cuentan con servicio de disposición de excretas	0	0 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

3. ¿Las aguas servidas son arrojadas al río?

Cuadro 65: Aguas servidas

Aguas servidas	Usuarios	Porcentaje
Son arrojadas al río	13	100 %
No son arrojadas al río	0	0 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

4. ¿Conoce el significado de defensa ribereña?

Cuadro 66: Defensa ribereña

Defensa ribereña	Usuarios	Porcentaje
Conoce el significado	0	0 %
No conoce el significado	13	100 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

5. ¿La defensa ribereña existente en la zona, protege el sector?

Cuadro 67: Defensa ribereña existente

Defensa ribereña existente	Usuarios	Porcentaje
Protege el sector	7	54 %
No protege el sector	6	46 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

6. ¿Se realiza el mantenimiento a las estructuras de defensa ribereña?

Cuadro 68: Mantenimiento de las estructuras de defensa ribereña

Mantenimiento de defensa ribereña	Usuarios	Porcentaje
Se realiza el mantenimiento de las estructuras	0	0 %
No se realiza el mantenimiento de las estructuras	13	100 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

7. ¿Cuántos tipos de estructura de defensa ribereña existe en el sector?

Cuadro 69: Tipos de defensa ribereña en el sector

Tipos de defensa ribereña	Cantidad	Unidad
Dique	0	ml
Dique protegido	350	ml
Muro de gavión	0	ml
Espigón de gavión	3	und

Fuente: Elaboración propia

8. ¿Cuál de las estructuras existentes funciona mejor en el sector?

Cuadro 70: Estructura de mejor funcionamiento

Estructura de defensa ribereña	Funciona	No funciona
Dique protegido	6	7
Espigón de gavión	7	6
Total	13	13

Fuente: Elaboración propia

9. ¿Cuándo fue construido la defensa ribereña del sector?

Cuadro 71: Año de construcción de la defensa ribereña

Año de construcción de la defensa ribereña	Año
Dique protegido	2010
Espigón de gavión	2010

Fuente: Elaboración propia

10. ¿Hace cuantos años no se realiza el mantenimiento de la defensa ribereña?

Cuadro 72: Mantenimiento de la defensa ribereña

Mantenimiento	Hace
Dique protegido	10 años
Espigón de gavión	10 años

Fuente: Elaboración propia

11. ¿Perdió terrenos agrícolas, por motivo de la crecida del río?

Cuadro 73: Perdida de terreno

Terreno	Usuarios	Porcentaje
Perdió terreno	13	100 %
No perdió terreno	0	0 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

12. ¿Cuántos metros cuadrados de terreno agrícola perdió a causa de la crecida del río?

Cuadro 74: Cantidad de terreno perdido

Terreno perdido	Cantidad	Unidad
Agrícola	7000	m2

Fuente: Elaboración propia

13. ¿Cuál es el costo del metro cuadrado de terreno agrícola en el sector?

Cuadro 75: Costo del metro cuadrado de terreno agrícola

Terreno	Costo	Unidad
Agrícola	40.00	soles

Fuente: Elaboración propia

14. ¿Realiza algún pago para la operación y mantenimiento de la defensa ribereña?

Cuadro 76: Pago para la operación y mantenimiento

Pago para la operación y mantenimiento	Usuarios	Porcentaje
Paga	0	0 %
No paga	13	100 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

15. ¿A cuánto asciende el pago que realiza, para la operación y mantenimiento de la defensa ribereña?

No se paga por la operación y mantenimiento de la defensa ribereña.

16. ¿Se encuentra usted conforme, sobre el monto que paga para la operación y mantenimiento de la defensa ribereña?

No se paga por la operación y mantenimiento de la defensa ribereña.

17. ¿Es usted un aportador puntual de los pagos para la operación y mantenimiento de la defensa ribereña?

No se paga por la operación y mantenimiento de la defensa ribereña.

18. ¿Se siente conforme con la defensa ribereña?

Cuadro 77: Conformidad con la defensa ribereña

Defensa ribereña	Usuarios	Porcentaje
Conforme	0	0 %
No conforme	13	100 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

19. ¿Se les brinda charlas e informes sobre defensa ribereña?

Cuadro 78: Charlas sobre defensa ribereña

Defensa ribereña	Usuarios	Porcentaje
Se brinda charla	0	0 %
No se brinda charla	13	100 %
Total	13	100 %

Fuente: Elaboración propia

20. Opinión fuera de las preguntas realizadas sobre defensa ribereña

- Se necesita proteger mayor longitud del cauce del río Santa, con otro tipo de estructura como muro de gavión en galerías como muro de contención.

- Se necesita realizar capacitación sobre defensa ribereña.

4.1.3 Mejoramiento de la defensa ribereña

a) Diseño hidráulico

El diseño de muro de gaviones con piedra, se realizó con la hoja de cálculos elaborado por el PERPEC-Lima en el año 2003 para los proyectos de defensa ribereña.

Cuadro 79: Información básica para el diseño

INFORMACION BASICA		
CAUDAL Y PENDIENTE		
Q(m ³ /s) =	494.00	Caudal de diseño TR= 100 años
S* =	0.00408	Pendiente Tramo (Manning)

Fuente: PERPEC-Lima

Cuadro 80: Sección estable del cauce

Sección estable o amplitud de cauce (B)	
Recomendación practica	
Q (M³/S)	ANCHO ESTABLE (B2)
3000	200
2400	190
1500	120
1000	100
500	70
494.00	B2 = 70.00
(*) Aplicable caudales mayores 100 m³/s	
METODO DE PETITS	
B = 4.44 Q^{0.5}	
Q _{M3/S} = 494.00	Caudal de Diseño (m3/s)
B = Ancho Estable del Cauce (m)	
B = 98.68	m.
METODO DE SIMONS Y HENDERSON	
B = K_i Q^{1/2}	
CONDICIONES DE FONDO DE RIO	K_i
Fondo y orillas de arena	5.70
Fondo arena y orillas de material cohesivo	4.20
Fondo y orillas de material cohesivo	3.60
Fondo y orillas de grava	2.90
Fondo arena y orillas material no cohesivo	2.80
SELECCIONAR >>> >>>>> >>>>>>> K_i =	2.90
Q _{M3/S} = 494.00	Caudal de Diseño (m3/s)
B = Ancho Estable del Cauce (m)	
B = 64.46	m.
METODO DE BLENCH - ALTUNIN	
Fb = Fbo(1+0.12C)	
Fbo = D50^{1/3}	
B = 1.81(Q Fb/Fs)^{1/2}	
Q _{M3/S} = Caudal de Diseño (m3/s)	
Fb = Factor de fondo de cauce del Rio (Tabla)	
Fs = Factor de Orilla de cauce de Rio (Tabla)	
Factor de Fondo	Fb
Material Fino	0.80
Material Grueso	1.20
SELECCIONAR >>>>>>>>>>>> >>>>> Fb =	0.80
Factor de Orilla	Fs
Materiales sueltos (Barro y arena)	0.10
Materiales ligeramente cohesivos (barro arc. Fang.)	0.20
Materiales cohesivos	0.30
SELECCIONAR >>>>>>>>>>>>>>>> >>>>> Fs =	0.10
B = 113.79	m.
METODO DE MANNING	
B = (Q^{1/2}/S^{1/5}) (n K^{5/3})^{3/(3+5m)}	
Q = 494.00	Caudal de Diseño (m3/s)

Cuadro 81: Tirante de diseño

Tirante de diseño (t)	
METODO DE MANNING - STRICKLER (B > 30 M)	
$t = (Q/(Ks b S^{0.5}))^{3/5}$	
Q = 494.00	Caudal de diseño (m ³ /s)
Ks =	Coefficiente de Rugosidad (Tabla)
Valores para Ks para Cauces Naturales	Ks
Cauce con fondo solido sin irregularidades	40
Cauces de rio con acarreo irregular	33 - 35
Cauces de Rios con Vegetacion	30 - 35
Cauces naturales con derrubio e irregularidades	30
Cauces de Rio con fuerte transporte de acarreo	28
Torrentes con piedras de tamaño de una cabeza	25 - 28
Torrentes con derrubio grueso y acarreo movil	19 - 22
SELECCIONAR	Ks = 28.00
$B = 70.00$ Ancho estable (m) $b = 70.00$ $S = 0.00408$ Pendiente del tramo (m/m) $t =$ Tirante hidraulico de diseño (m) $t = 2.279$ m	

Fuente: PERPEC-Lima

Cuadro 82: Velocidad del caudal del rio

Calculo de la velocidad y ajustes	
INGRESAR TALUD	Z = 0.00
METODO DE MANNING - STRICKLER	
$V_m = Ks R^{2/3} S^{1/2}$	
Z = 0.00	Talud Excesivo
Ks = 28.000	Coefficiente de rugosidad (Inversa de Manning)
t = 2.279	Tirante Hidraulico Maximo
b = 70.000	Plantilla (m)
P = 74.557	Perimetro Mojado (m)
A = 159.508	Area (m ²)
R = 2.139	Radio hidraulico
S = 0.00408	Pendiente (Manning)
V _m =	Velocidad (m/s)
V _m = 2.969	m/s

Fuente: PERPEC-Lima

Cuadro 83: Régimen del caudal del río

Régimen del caudal del río	
Numero de Frode	$F = V/(g^*A/T)^{1/2}$
V = 2.969	Velocidad (m/s)
g = 9.810	Aceleración de la gravedad
A = 159.508	Área hidráulica (m ²)
D = 2.279	Ancho del Cauce (m)
F = 0.628	FLUJO SUBCRITICO

Fuente: PERPEC-Lima

Cuadro 84: Profundidad de socavación

Cálculo de la profundidad de socavación (Hs)					
Seleccionado	Vm =	2.97	B =	70.00	μ = 0.98
METODO DE LL. LIST VAN LEVEDIEV					
$a = Q/(t^{5/3}B \mu)$ $ts = ((a t^{5/3})/(0.68 D^{0.28} \beta))^{1/(x+1)}$ $ts = ((a t^{5/3})/(0.60 w^{1.18} \beta))^{1/(x+1)}$					
Q = 494.00 Caudal (m ³ /s) t = 2.28 Tirante hidráulico (m) B = 70.00 Ancho del Cauce (m) u = 0.98 Coeficiente Contracción (Tabla) a = 1.82 D = Diámetro Medio de las partículas (mm) w = Peso Específico suelo (Tn/m ³) x = Valor obtenido de la Tabla 1/(x+1) = Valor obtenido de la Tabla β = Coeficiente por Tiempo de Retorno					
SELECCIÓN DE x EN SUELOS COHESIVOS (Tn/m³) o SUELOS NO COHESIVOS (mm)					
Suelos Cohesivos (1)			Suelos No Cohesivos (2)		2
Peso específico Tn/m ³	x	1/(x + 1)	D (mm)	x	1/(x + 1)
0.80	0.52	0.66	0.05	0.43	0.70
0.83	0.51	0.66	0.15	0.42	0.70
0.86	0.50	0.67	0.50	0.41	0.71
0.88	0.49	0.67	1.00	0.40	0.71
0.90	0.48	0.68	1.50	0.39	0.72
0.93	0.47	0.68	2.50	0.38	0.72
0.96	0.46	0.68	4.00	0.37	0.73
0.98	0.45	0.69	6.00	0.36	0.74
1.00	0.44	0.69	8.00	0.35	0.74
1.04	0.43	0.70	10.00	0.34	0.75
1.08	0.42	0.70	15.00	0.33	0.75
1.12	0.41	0.71	20.00	0.32	0.76
1.16	0.40	0.71	25.00	0.31	0.76
1.20	0.39	0.72	40.00	0.30	0.77
1.24	0.38	0.72	60.00	0.29	0.78
1.28	0.37	0.73	90.00	0.28	0.78
1.34	0.36	0.74	140.00	0.27	0.79
1.40	0.35	0.74	190.00	0.26	0.79
1.46	0.34	0.75	250.00	0.25	0.80
1.52	0.33	0.75	310.00	0.24	0.81

Cuadro 85: Altura del dique

Calculo de la altura del dique (Hd)		
CALCULO DE BORDO LIBRE DE LA DEFENSA (Bl₁)		
He = V²/2g		
V _m = Velocidad del Caudal de Diseño (m/s)		
g = Aceleración de la Gravedad		
He = 0.45	Energía Cinética (m)	
Bl = ζ He		
Caudal máximo m ³ /s	ζ	
3000.00	4000.00	2
2000.00	3000.00	1.7
1000.00	2000.00	1.4
500.00	1000.00	1.2
100.00	500.00	1.1
$\zeta =$		1.10
Bl₁ = 0.49		
Recomendaciones Practicas:		
m ³ /s	Bl	
> 200	0.60	
200 a 500	0.80	
500 a 2000	1.00	
Bl₂ = 0.80		
Bordo libre Calculado	Bl₁ = 0.49	
Bordo libre Recomen. Practica	Bl₂ = 0.80	
Selección	Bl = 0.49	
CALCULO DE ALTURA DEL DIQUE		
H_D = t + Bl		
t = 2.28	Tirante de diseño (m)	
Bl = 0.49	Bordo libre	
Hd = 2.77	m.	
CRITERIO ADICIONAL PARA AJUSTE FINAL		
INGRESAR CAUDAL DE PRUEBA		Q₁₀₀ = 494.00
S = 0.00408	Bl₁ = 0.49	
z = 0.00	t = 2.28	
Hd = Y = 2.77	A = 194.11	
b = 70.00	P = 75.55	
n = 0.035	R^{2/3} = 1.88	
Q = 494.00	Q_{M,Max} = 664.58	
Riesgo = 14%	100.00	T. Retorno
DESCRIPCION	Calculado	Ajustado
Altura dique Hd (m) =	2.77	3.00
Tirante t (m) =	2.28	2.28
Bordo Libre Bl (m) =	0.49	0.72
Altura uña Hu (m) =	2.00	2.00
Altura total Ht (m) =	4.77	5.00

Fuente: PERPEC-Lima

b) Diseño estructural

Se realizó el diseño estructural para el muro de gavión con la hoja de cálculo de estabilidad cuyo resultado se muestra a continuación:

Gráfico 34: Diseño de muro de gavión

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD-MURO DE GAVIÓN PARA ENCAUZAMIENTO				
ESTUDIO :	DEFENSAS RIBEREÑAS RÍO SANTA SECTOR SANTA GERTRUDIS			
ESTRUCTURA:	MURO DE GAVIÓN (H=3.0 M) (C-01)			
	X	Y		
P1	0	0		
P2	0	2		
P3	0	5		
P4	2	5		
P5	2	4		
P6	3	4		
P7	3	3		
P8	4	3		
P9	4.00	2		
P10	4.00	0		
ALTURA TOTAL	5.00	m		
H- FUNDACIÓN (*)	2.00	m		
SECCIÓN RECTANGULAR				
BASE	4.00	m		
ALTURA	3.00	m		
SECCIÓN TRAPEZOIDAL				
BASE MENOR	2.00	m		
TALUD IZQUIERDO	0.00			
BASE MA YOR	3.00	m		
ALTURA	2.00	m		
Base Triangulo Izquierdo	0.00	m		
Base Triangulo Derecho	1.00	m		
VOLADOS				
IZQUIERDA	0.00	m		
DERECHA	0.50	m		
AREA DE MURO	17.000	m ²		
AREA DE RELLENO	2.000	m ²		
CG muro	Xcg = 1.784	m		
	Ycg = 2.157	m	Punto donde actua el empuje:	
CGrelleno	Xcg = 3.250	m	Brazo en eje X = 3.000	
	Ycg = 3.833	m	Brazo en eje Y = 1.667	
			Reacciones del terreno :	
			s1 = 1.175 Kg/cm ²	
			s2 = -0.154 Kg/cm ²	
			ANÁLISIS	
	F.S.D.>1.50	7.877	OK	
(*)	PARA EL CASO DE MUROS EN CAUCES NATURALES SUJETAS A SOCA VACIÓN	F.S.V.>1.50	10.554	OK
	ÉSTA ALTURA PUEDE SER DESPRECIABLE E IGUAL A CERO	B/6 > e	0.667	OK
		s1 < Resistencia suelo	OK	

ANÁLISIS PARA UN METRO DE LONGITUD	
DATOS	
Peso esp suelo gs =	2.76 Tn/m ³
Peso esp Piedra gc =	2.20 Tn/m ³
Angulo fricción interna del relleno f =	32.50
Angulo paramento interior con vertical w =	26.57
Angulo del empuje con la Normal Z =	26.57
Angulo del relleno con la horizontal d =	0.00
Coficiente de fricción en la base f =	0.60
Resistencia del suelo =	1.19 Kg/cm ²
Cof empuje activo Ka (Coulomb) =	0.555
Cof empuje activo Ka (Rankine-1) =	0.301
Cof empuje pasivo Kp (Rankine-2) =	3.322
RESULTADOS	
Empuje activo - Coulomb =	19.155 Tm.
Empuje activo - Rankine 1 =	10.384 Tm.
Empuje pasivo - Rankine 2 =	18.340 Tm.
Peso del muro =	37.400 Tm.
Peso del relleno =	5.52 Tm.
Empuje verical (Rankine) =	8.307 Tm.
Empuje horizontal (Rankine) =	6.230 Tm.
Fricción del solado con el terreno =	25.752 Tm.
F.S.D. =	7.877 Rankine
F.S.V. =	10.554 Rankine
Presión máxima =	1.073 Kg/cm ²
Xa =	1.937 m
Exentricidad e =	0.063 m
B / 6 =	0.667 m

Fuente: <https://www.civilexcel.com/2015/02/muro-de-contencion-de-gravedad-analisis.html>

V. Conclusiones

5.1 Conclusiones

1. Los habitantes, terrenos de cultivo y estructuras de comunicación del sector Santa Gertrudis, están ante el peligro de socavación, erosión e inundación, por las avenidas que se producen en los meses de enero, febrero y marzo, por lo que es necesario la construcción adecuada y completa de defensa ribereña que proteja adecuadamente el sector de estudio.
2. De acuerdo a la evaluación de la infraestructura existente que se encuentra en mal estado como son el dique protegido y los espigones se ha podido observar que existen riesgos de desborde e inundación.
3. De la delimitación de la cuenca de la zona en estudio obtuvo el área de la cuenca de 1,228.91 km², perímetro de la cuenca de 177.07 km, longitud de cauce 62.47 km y pendiente de la cuenca 2.05 %; como principales parámetros geomorfológicos.
4. En la zona de estudio se identificaron 3 estaciones hidrométricas que son: Recreta, Pachacoto y Querococha, las cuales fueron sometidos a análisis de consistencia y pruebas de ajuste como análisis de doble masa, Kolmogorov- Smirnov y Chi-cuadrado.
5. Los datos de caudal de las 3 estaciones hidrométricas se ajustan al análisis de doble masa.
6. Los datos de caudal de las 3 estaciones hidrométricas no se ajustan a la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov- Smirnov.

7. Los datos de caudal de las 3 estaciones hidrométricas se ajustan a la prueba de bondad de ajuste Chi-Cuadrado con igual distribución de probabilidad para la distribución probabilística Normal y Log-Normal 2 parámetros.
8. Los datos de caudal de las 3 estaciones hidrométricas no se ajustan al modelo probabilístico de distribución de ajuste Log-Normal de 2 parámetros, según el software Hidroesta.
9. Del análisis de máximas avenidas para diferentes periodos de retorno de caudal de las 3 estaciones hidrométricas la distribución probabilística con mejor coeficiente de correlación ($R^2=0.9991$ y 0.9997), son la distribución de Gumbel o Extrema tipo I y Log Normal de 2 parámetros.
10. Por no contar con una estación de aforo en Ticapampa, se determinó la ecuación para generar el caudal de diseño en el punto de estudio, siendo:

$$Q_{\text{Ticapampa}} = Q_{\text{Recreta}} + 2.69Q_{\text{Pachacoto}} + 4.82Q_{\text{Querococha}}$$
11. Los caudales generados para la zona de estudio fueron analizados estadísticamente siendo la distribución probabilística con mejor coeficiente de correlación ($R^2=0.9995$), la distribución de Log Normal de 2 parámetros, para diferentes periodos de retorno.
12. El caudal de diseño con mejor ajuste estadístico para un periodo de retorno de 100 años es de 494 m³/s, para obras de defensa ribereña en el sector de Santa Gertrudis.
13. De la zona en estudio se obtuvo 02 muestras de suelo C-1 y C-2 que dieron como resultado el tipo de material GP-grava pobremente graduada con arena.

14. La capacidad portante encontrada en la zona de estudio es de 1.19 kg/cm² y el Angulo de ficción interna es de 32.5° de valor óptimo para el diseño.
15. Se realizó el levantamiento topográfico, en una longitud promedio de 2,000 m y un ancho promedio de 200 m, producto de este trabajo se obtuvo el plano en planta y perfil de la zona de estudio.
16. En la zona de estudio se encontró dos tipos de estructura de defensa ribereña que son: Dique protegido con colchones antisocavantes (350 ml) y espigón de gaviones (03 und).
17. Se realizó el modelamiento hidráulico para los periodos de retorno de 50 años y 100 años, mostrando el desborde del río en el sector Santa Gertrudis.
18. Se realizó el análisis de estabilidad de las estructuras existente como el dique protegido y los espigones de gavión, dando como respuesta el cumplimiento a la estabilidad de estas estructuras.
19. Los pobladores del sector Santa Gertrudis cuentan con agua potable, saneamiento y defensa ribereña.
20. La defensa ribereña existente no tiene mantenimiento desde su construcción hace 10 años.
21. La defensa ribereña existente está deteriorado e incompleto por lo que la población del sector se encuentra desprotegido, por lo que solicitan una mejor alternativa de solución a este problema.
22. Realizado el diseño hidráulico de la defensa ribereña, se obtiene una altura de 3 m en gradería por el oleaje y una profundidad de 2 m por la socavación.

23. Del análisis estructural se propone 5 camadas de gaviones: 1ro 3 camadas de 4 m de ancho, 2do 1 camada de 3 m de ancho y 3ro 1 camada de 2 m de ancho, dicha apilación estructural propuesto cumple con el análisis por deslizamiento y volteo.
24. De la evaluación y mejoramiento de defensa ribereña en el río Santa sector Santa Gertrudis, muestra que el estudio es óptimo, pues el estudio deriva importantes aportes que mejoraran la calidad de vida de la población del sector.

Aspectos complementarios

- ✓ Se recomienda realizar el mantenimiento de la defensa ribereña existente entre los meses de agosto a octubre, ya que esta acción permitirá que el periodo de vida de la estructura se mantenga operacional según las proyecciones en su diseño.
- ✓ Es recomendable realizar labores de reforestación en las cercanías de las estructuras existentes.
- ✓ Plantear a las autoridades efectuar inspecciones y capacitaciones periódicas de las estructuras existentes, para supervisar su correcto funcionamiento y mantenimiento a lo largo de su vida útil, disponiendo medidas correctivas de ser el necesario.
- ✓ Plantear a las autoridades de la región realizar el monitoreo hidrométrico en a cuenca, para obtener datos históricos precisos que permitan realizar estudios más exactos de la zona.

Referencias bibliográficas

- (1) Duarte, Carlos M. Cambio global impacto de la actividad humana sobre el sistema tierra. Madrid, Editorial CSIC, 2006. Available from: http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/01/Cambio_global.pdf
- (2) Rocha Felices, Arturo. Erosión en pilares estribos de puentes. 2014. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/315737339>.
- (3) López Pulido, Orlando. Diseño y análisis de estabilidad hidráulica de tapetes articulados de concreto para protección de cauces. Tesis (Ingeniería Civil). México. Instituto Politécnico Nacional. Dirección de posgrado. Secretaria de investigación y posgrado, Escuela superior de ingeniería y arquitectura. Maestro en Ingeniería Civil, 2010.
- (4) Cárdenas Ospina, Oscar Eduardo. Estudios y diseños de las obras de protección de orillas en la margen izquierda del río Cauca en el sector Candelaria en el distrito de riego Roldanillo - La Unión - Toro. Tesis (Ingeniería Civil). Cali, Colombia. Universidad del Valle. Facultad de ingeniería, Escuela EIDANAR, 2012.
- (5) Vásquez Chávez, Lily Roció. Diseño de defensas ribereñas y su aplicación en el cauce del río La Leche, distrito de Pacora – Lambayeque. Tesis (Ingeniería Civil Ambiental). Chiclayo-Perú. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Facultad de ingeniería. Escuela de ingeniería civil ambiental, 2018.
- (6) Castro Castillo, Fiorela y Sánchez Poma, Alex Francis. Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Cerro Blanco-

Menocucho, Trujillo 2018. Tesis (Ingeniería Civil). Lima-Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019.

(7) Cochachin Villanueva, Roger David. Diseño de muro de gaviones para la protección de la margen izquierda del río Mosna en el tramo km: 17+000 al km: 17+330 en el distrito de Chavín, aplicando Hec Ras, 2013. Tesis (Ingeniería Agrícola). Huaraz-Perú. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola, 2014.

(8) Otiniano Arribasplata, Dennis Alberto y Cielo Saldaña, Julio Vicente. Diseño hidráulico y estructural de la defensa ribereña del río Nepeña, sector Puente Huambacho - distrito de Nepeña – Santa - Ancash. Tesis (Ingeniería Civil). Nuevo Chimbote-Perú. Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, 2016.

(9) Pons Vall, Josep María. Manual de topografía práctica. Madrid: Bellisco, Editorial Bellisco, 2015, ISBN 9788492970902.

(10) Crespo Villalaz, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. México, Editorial Limusa, 2007, ISBN 9789681869632.

(11) Rojas Caballero, David y Paredes Ángeles, Jorge. Compendio de geología general. Perú, Editorial Empresa Editora Macro, 2014, ISBN 9786123041649.

(12) Álvaro Aguilar, Luther Marcelo Kerimbey y Henríquez Fasanando, Luis Anselmo. Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña del río Chicama tramo puente Punta Moreno - Pampas de Jaguey aplicando el programa River. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo - Perú. Universidad Privada Antenor Orrego, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2014.

- (13) Villón Béjar, Máximo. Hec Ras. Costa Rica, Editorial Centro de Desarrollo de Material Bibliográfico, 2011, ISBN 9789968514149.
- (14) García Paredes, Andrés. Diseño hidráulico y estructural de obras de protección frente a erosión e inundaciones del río Balsayacu en el centro poblado de Balsayacu, distrito de Campanilla, provincia de Mariscal Cáceres - región San Martín. Tesis (Ingeniería Civil). Tarapoto - Perú. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018.
- (15) Camargo Hernández, Jaime E. y Franco, Víctor. Manual de gaviones. México, Editorial Bellisco Ediciones, 2015, ISBN 9788492970902.
- (16) Muñoz Hidalgo, María Angélica. Estudio y diseño de obras de estabilización de cauces. Tesis (Maestría en Ingeniería Civil). Bogotá D.C. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Facultad de Ingeniería, 2014.
- (17) Olivos Rojas, Marina Isabel. Estudio de defensas ribereñas del tramo urbano del río Tumbes. Tesis (Ingeniería Civil). Piura - Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil, 2012.
- (18) Fernández Rodríguez, José María. Introducción a los cementos. Argentina, Editorial U. Córdoba, 2010, ISBN: 9788478017317.
- (19) Brandon Edwin, Ramos Flores. Proyecto de encauzamiento y defensas ribereñas en el río Yarabamba sector Villa Yarabamba - Arequipa 2016. Tesis (Ingeniería Civil). Arequipa - Perú. Universidad Católica de Santa María, Facultad de Arquitectura Ingeniería Civil y del Ambiente, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2016.

(20) Alanya Barzola, Edison Enrique. Sistema de prevención y control de erosión en la ribera del río San Fernando tramo Chayhuamayo – Shucusma, Huancayo - Junín. Tesis (Ingeniería Civil). Huancayo - Perú. Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017.

(21) Alcázar Mamani, Franz. “Diseño de defensas ribereñas en el río Callazas tramo critico (Km 0+000.00-2+500.00) en el CP de Aricota, provincia de Candarave-Tacna. Tesis (Ingeniería Civil). Tacna - Perú. Universidad Privada de Tacna, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017.

(22) Acero Ninacondor, Víctor Clemente y Moreno Huamán, Alejandro. Diseño de defensa ribereña del río Pomabamba, en el tramo puente Los Baños distrito de Pomabamba - provincia Pomabamba – Ancash. Tesis (Ingeniería Civil). Huaraz - Perú. Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería Civil, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2018.

(23) Valdez Moreno, Héctor German. Evaluación de las defensas ribereñas del río Chicama pautas para controlar su erosión en el sector Punta Moreno-provincia de Gran Chimú. Tesis (Ingeniería Agrícola). Trujillo - Perú. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agrícola, 2018.

(24) Urteaga Huamán, Carlos Augusto. Análisis comparativo de soluciones de defensa ribereña para el puente Tahuamanu – Madre de Dios: Sistema de gaviones y geo estructuras. Tesis (Ingeniería Civil). Lima - Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, 2019.

(25) Escalante Portella, Angelo Alffio. Diseño de espigón mediante hexápodo de concreto como defensa ribereña en el distrito de San Antonio de Cumbaza – 2019. Tesis (Ingeniería Civil). Tarapoto - Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019.

(26) Díaz Medina, Olivier y Sánchez Naquiche, Percy Anderson. Diseño hidráulico y estructural de defensa ribereña en el río Moche, entre el tramo Bello Horizonte – Bello Lirio, Laredo - Trujillo 2019. Tesis (Ingeniería Civil). Trujillo - Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil. 2019.

(27) Mayhuire Uquichi, Adrian. Cálculo hidráulico de defensas ribereñas en el sector Chejava del río Ilabaya, distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna. Monografía (Ingeniería Mecánica de Fluidos). Lima - Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Físicas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica de Fluidos. 2018.

(28) Marcia Zevallos, Loaiza. Diseño de la defensa ribereña para el balneario turístico Cocalmayo, ubicado en la margen izquierda del río Urubamba. Tesis (Master en Ingeniería Civil). Piura - Perú. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería, 2015.

(29) Luján López, José Luis. Uso de gaviones para mejorar la defensa ribereña del Río Huaycoloro, zona de Huachipa distrito de Lurigancho, Lima 2017. Tesis (Ingeniería Civil). Lima - Perú. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017.

(30) Rojas Montalvo, Francisco Javier. Bases de diseño hidráulico para los encauzamientos o canalizaciones de ríos. Tesis (Ingeniería Civil). Quito-Ecuador.

Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Ciencias Física y Matemática,
Carrera de Ingeniería Civil.2014.

Anexos

Anexo 1: Panel fotográfico

Foto 01: Vista del levantamiento topográfico del río Santa



Foto 02: Vista del levantamiento topográfico del sector Santa Gertrudis



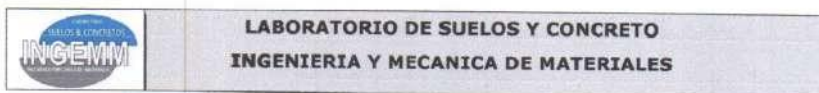
Foto 03: Vista de la calicata C-1



Foto 04: Vista de la calicata C-2



Anexo 2: Ensayo de mecánica de suelos de las calicatas C-1 y C-2



CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (NTP 339.127-1998)

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis
 Solicita : Jeronimo Antonio Rondan Rodríguez Fecha : Marzo 2021
 Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Muestreado por : Y.D.T.
 Calicata : C-1 Muestra : mab-1 Profundidad : 0.00 - 1.60 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	M _{cs}	274.85	261.86
Peso Suelo Seco + Contenedor	M _{cs}	267.80	255.32
Peso Contenedor	M _c	22.50	21.51
Peso Suelo Seco (M _w =M _{cs} -M _c)	M _w	245.30	233.81
Peso del Agua (M _s =M _{cs} -M _c)	M _s	6.85	6.54
Contenido de Humedad (w=M _w /M _s)	w	2.79	2.80

Humedad Promedio (%)	2.79
----------------------	------


 Pedro Pablo Mejía Bustamante
 TÉCNICO DE SUELOS Y
 CONCRETO Y PAVIMENTOS


 MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 199568



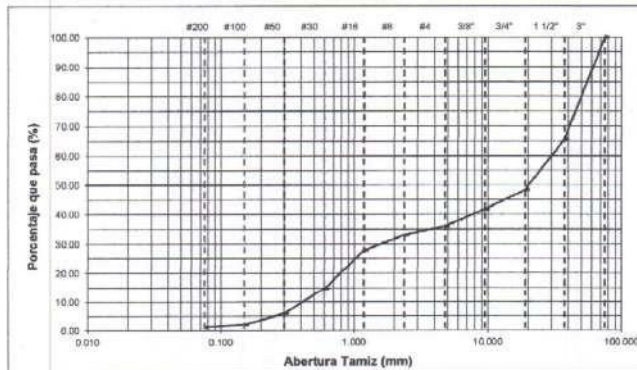
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128-1999)**

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto :	valuación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis				
Solicita :	Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha :	Marzo 2021		
Lugar :	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por :	Y.D.T.		
Calicata :	C-1	Muestra :	mab-1		
		Profundidad :	0.00 - 1.60 m.		
Masa Inicial Seca (gr)	=	3531.60	% que pasa N° 200 =	1.32	
Masa Lavada y Seca (gr)	=	3489.80	M. Retenido 3"(gr) =	0.00	
			Tamaño Máximo :	3"	

ASTM E11	Abertura de Tamices (mm)	Retenido en cada Tamiz		PORCENTAJE ACUMULADO	
		Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	1211.70	34.31	34.31	65.69
3/4"	19.000	611.60	17.32	61.63	48.37
3/8"	9.500	240.40	0.01	50.44	41.56
# 4	4.750	196.10	5.55	63.99	36.01
# 8	2.360	107.70	3.05	67.04	32.96
# 16	1.180	181.10	5.13	72.17	27.83
# 30	0.600	460.20	13.03	85.20	14.80
# 50	0.300	307.00	8.89	93.89	6.11
# 100	0.150	141.60	4.01	97.90	2.10
# 200	0.075	27.80	0.78	98.68	1.32
< 200	Fondo	1.90	0.05	98.73	1.27



% GRAVA	63.99	% Gruesa :	51.63	D60 (mm) =	31.422
		% Fina :	12.36	D30 (mm) =	1.678
% ARENA	34.69	% Gruesa :	3.05	D10 (mm) =	0.434
		% Media :	18.16	Coef. Unif. (Cu) =	72.36
		% Fina :	13.48	Coef. Conc. (Cc) =	0.21
% FINOS	1.32				

Pedro P. Bustamante
Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Miguel Ángel Macedo Pinedo
MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568

Dirección: Jr. Pedro Cochachin Mz 192 Lt 18-Huaraz/Teléfono (043) 237030-Celular 959251323/correo electrónico
ingemme_laboratorio@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
(NTP 339.129-1999)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto	Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis		
Solicita	Jeronimo Antonio Rondon Rodriguez	Fecha	Marzo 2021
Lugar	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	Y.D.T.
Calicata	C-1	Muestra	mab-1
		Profundidad	0.00 - 1.60 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	7	--	
P.Suelo Húmedo+Rec.	27.91		
P.Suelo Seco+Rec.	23.93		
Peso del Recipiente	7.51		
Peso Suelo Seco	16.42		
Peso del Agua	3.96		
C. de Humedad %	24.24		



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P.Suelo Húmedo+Rec.	--	
P.Suelo Seco+Rec.		
Peso del Recipiente		
Peso Suelo Seco		
Peso del Agua		
C. de Humedad %		

Limite Liquido = **N.P.**

Limite Plástico = **N.P.**

Índice Plasticidad = **N.P.**

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)**

Solicitud N° S-063-2021

PROYECTO : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis

SOLICITA : Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez

Fecha : Marzo 2021

LUGAR : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

POZO N°	C-1				
MUESTRA	mab-1				
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.60 m.				
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.00			
	1 1/2"	65.69			
	3/4"	48.37			
	3/8"	41.56			
	# 4	36.01			
	# 8	32.96			
	# 16	27.83			
	# 30	14.80			
	# 50	6.11			
	# 100	2.10			
# 200	1.32				
Coef. de Uniformidad Cu	72.38				
Coef. de Curvatura Cc	0.21				
Porcentaje de Material	Grava	83.99			
	Arena	34.69			
	Finos	1.32			
Mitad de Fracción Gruesa	49.34				
Limites de	L.L.	N.P.			
	L.P.	N.P.			
Consistencia	I.P.				
Humedad Natural (%)	2.79				
Clasificación SUCS	GP				
Descripción	Grava pobremente graduada con arena				

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



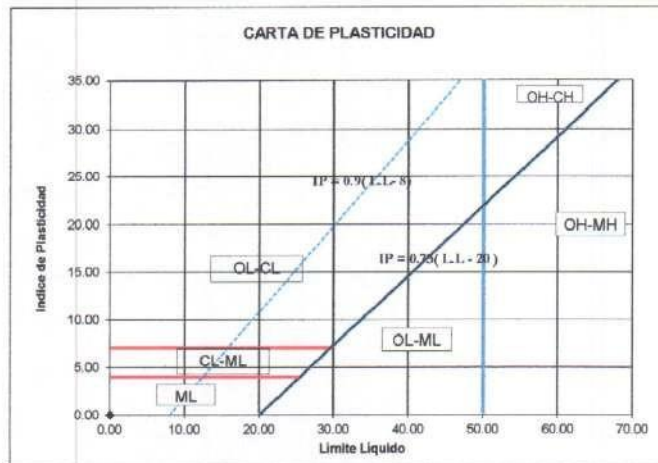
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134-1999)**

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Solicitud N° S-063-2021

PROYECTO :	Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis	
SOLICITA :	Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha : Marzo 2021
LUGAR :	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por : Y.D.T.
CALICATA :	C-1	Muestra: mab-1



Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
(NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° S-063-2021

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis
Solicitado : Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez Calicata : C-1
Lugar : Santa Gertrudie-Ticapampa-Recuay-Ancash Fecha : Marzo 2021
Tipo de Sondaje : Cielo Abierto Prof. N.F. : N.E. Muestreado por : Y.D.T.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SIMBOLO GRAFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCION DEL MATERIAL
1.60	1.60	mab-1		GP	Grava pobremente graduado con arena, con presencia de bolones y bloques de roca en 70% de TM= 400 mm, con grava gruesa subredondeada en 64%, arena media subredondeada en 35% y finos de plasticidad nula en 1%, baja resistencia en estado seco, dilatancia rapida, tenacidad baja, color marrón, ningún olor, humedad húmeda, consistencia suave, estructura homogénea, cementación débil.
OBSERVACIONES:					

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO
(NPT 339.131-1999)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto :	Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis		
Solicitante :	Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha :	Marzo 2021
Lugar :	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por :	Y. D. T.
Calicata :	C-1	Muestra :	mab-1
		Profundidad :	0.00 - 1.60 m.

Muestra de Ensayo		M-1	M-2
Porción de muestra de ensayo		Pasa Malla # 4	Pasa Malla # 4
Tipo de Frasco Utilizado		Picnómetro 500 ml	Picnómetro 500 ml
Masa picnómetro+ agua	gr (M _a)	673.30	705.50
Masa picnómetro+ agua + suelo	(M _b)	754.40	787.50
Masa muestra seco al horno + recip.	gr (A)	127.20	128.60
Masa recipiente	gr (B)	0.00	0.00
Masa muestra de suelo seco al horno (M ₀ = A-B)	gr (M ₀)	127.20	128.60
Peso Especifico Relativo de Sólidos (Gs = M ₀ /(M ₀ +(M _b -M _a)))		2.76	2.76
Peso Especifico Relativo de Sólidos (Gs) (B/E)		2.76	

Observación:



Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)**

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto	: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis				
Solicita	: Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha	: Marzo 2021		
Lugar	: Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	: Y. D. T.		
Calicata	: C-1	Muestra	: mab-1	Profundidad	: 0.00 - 1.60 m.

Tipo de dispositivo : Cuadrado de bronce Especimen de ensayo: Remoldeada

Descripción	Unidades	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
DIMENSIONES DEL ESPECIMEN							
Ancho (B)	cm	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Espesor (e)	cm	2.000	1.889	2.000	1.849	2.000	1.837
Area	cm ²	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Volumen	cm ³	72.00	68.00	72.00	66.56	72.00	66.13
PESO DEL ESPECIMEN							
Peso húmedo suelo + M	gr.	100.80	116.65	100.80	116.27	100.80	117.08
Peso del molde	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso húmedo especimen	gr	100.80	116.65	100.80	116.27	100.80	117.08
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso Suelo húm + recip.	gr.	274.65	41.92	274.65	39.65	274.65	37.85
Peso Suelo seco + recip.	gr.	267.80	36.60	267.80	34.75	267.80	33.02
Peso del recipiente	gr	22.50	7.87	22.50	7.74	22.50	7.52
Humedad (w)	%	2.79	18.52	2.79	18.14	2.79	18.94
PESO UNITARIO							
Peso Unitario húmedo (γ)	gr/cm ³	1.40	1.72	1.40	1.75	1.40	1.77
Peso Unitario seco (γ _d)	gr/cm ³	1.36	1.45	1.36	1.48	1.36	1.49

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto	: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis				
Solicitante	: Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha	: Marzo 2021		
Lugar	: Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	: Y.D.T.		
Calicata	: C-1	Muestra	: mab-1	Profundidad	: 0.00 - 1.60 m.

Esfuerzo Normal	Kg/cm ²	0.50	1.00	2.00
-----------------	--------------------	------	------	------

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)
0.00	0.121	0.00337	0.00	0.121	0.00337	0.00	0.121	0.00337
0.08	1.323	0.03674	0.08	3.225	0.08958	0.08	5.627	0.15632
0.17	2.324	0.06455	0.17	4.226	0.11739	0.17	8.831	0.24530
0.42	3.525	0.09792	0.42	5.327	0.14798	0.42	11.534	0.32039
0.83	4.927	0.13685	0.83	7.730	0.21472	0.83	16.740	0.46499
1.25	5.828	0.16188	1.25	9.932	0.27589	1.25	20.043	0.55676
1.67	6.328	0.17578	1.67	11.534	0.32039	1.67	23.147	0.64296
2.08	7.429	0.20637	2.08	12.935	0.35932	2.08	25.449	0.70692
2.50	8.130	0.22584	2.50	14.037	0.38991	2.50	27.151	0.75420
2.92	8.831	0.24530	2.92	15.138	0.42050	2.92	28.554	0.82094
3.33	9.231	0.25643	3.33	16.339	0.45387	3.33	31.456	0.87377
4.17	10.032	0.27867	4.17	18.341	0.50948	4.17	34.759	0.96554
5.00	10.733	0.29814	5.00	19.943	0.55398	5.00	37.863	1.05175
5.83	11.334	0.31483	5.83	21.345	0.59291	5.83	40.266	1.11849
6.67	11.834	0.32873	6.67	22.646	0.62906	6.67	41.667	1.15742
7.50	12.235	0.33966	7.50	23.847	0.66243	7.50	42.969	1.19070
8.33	12.935	0.35932	8.33	24.448	0.67911	8.33	44.070	1.22416
10.00	13.636	0.37876	10.00	25.649	0.71248	10.00	47.073	1.30758
11.67	14.237	0.39547	11.67	26.651	0.74029	11.67	49.376	1.37154
13.33	14.637	0.40659	13.33	27.552	0.76532	13.33	49.376	1.37154
15.00	14.137	0.39269	15.00	27.552	0.76532	15.00	49.376	1.37154
16.67	14.137	0.39269	16.67	27.552	0.76532	16.67	49.376	1.37154
18.33	14.137	0.39269	18.33	27.552	0.76532	18.33	49.376	1.37154
20.00	14.137	0.39269	20.00	27.552	0.76532	20.00	49.376	1.37154

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568

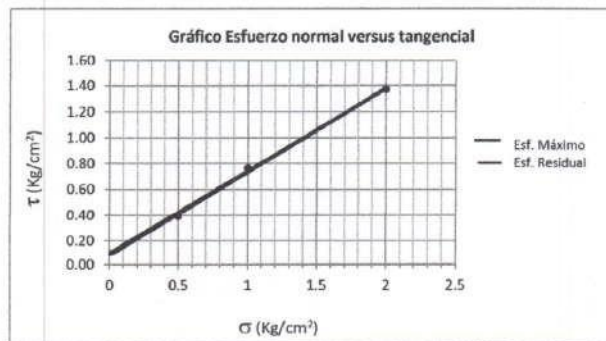
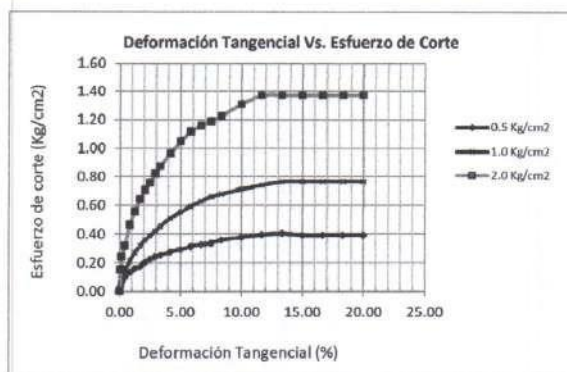


LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto	: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis		
Solicita	: Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha	: Marzo 2021
Lugar	: Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	: Y.D.T.
Calicata	: C-1	Muestra	: mab-1
		Profundidad	: 0.00 - 1.60 m.



Resistencia Máxima:

$$C = 0.10 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi (^{\circ}) = 32.54^{\circ}$$

Resistencia Residual:

$$C = 0.09 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi (^{\circ}) = 32.86^{\circ}$$

Pedro P. Bustamante
Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Miguel Ángel Macedo Pinedo
MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

MEMORIA DE CALCULOS

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa-Sector Santa Gertrudis
Solicitado : Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez Calicata C-1 mab-1
Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancaesh Profundidad : 0.00 - 1.00 m.

Usando datos de Ensayo de Corte Directo

Características del Suelo 1 de 2
Estructura : Muro de gaviones
Estrato de Apoyo : Grava pobremente graduada con arena GP
Angulo de Fricción Interna : 32.5 Grados = 0.5679
Cohesión : 0.00 Kg/cm² 0.00 Ton/m²
Peso Unit. del suelo encima de Df : $\gamma_1 = 1.40$ Ton/m³
Peso Unit. del suelo debajo de Df : $\gamma_2 = 0.40$ Ton/m³
Espesor del estrato : E = 5.00 m.
Profundidad de Nivel Freatico : NF = -- m.

Características de la Estructura
Carga de Servicio de la Estructura : $Q_{ser} = 20.00$ Ton/m
Carga Muerta + Carga Viva + Sismo : $Q_{mva} = 20.50$ Ton/m

PARAMETROS DE SUELO

Relación D/B = 1 <= 5 : OK!!!!!!
Esfuerzo Geostático efectivo $\sigma = 1.440$ Ton/m²

CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE

SEGÚN TERZAGHI (1943)

Considerar Falla por corte Local (S/N)? = **S**
 $\phi_{corr} = 23.04$ Grados 0.4022 Radianes
 $c' = 0.00$ Kg/cm²
 $\phi' = 0.40$ Radianes
 $c' = 0.00$ Kg/cm² 0.00 Ton/m²
Factores de capacidad de Carga
 $K_{pY} = 32.1792$ a = 2.50
 $N_b = 21.81$
 $N_q = 10.28$
 $N_y = 7.87$
Tipo de Cimentación : Cuadrada = 1
Rectangular = 2
Corrida = 3
Tipo de Cimentación : 3 **Corrida**
Profundidad de desplante Df: 1.8 m. y a nivel de desplante 1.40
 $q = 2.52$ Ton/m²

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ANGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

Ancho B (m)	Largo L (m)	Sc	Sy	qult (Kg/cm ²)	q adm (Kg/cm ²)
1.00	1.00	1.00	1.00	3.14	1.05
1.80	1.00	1.00	1.00	3.58	1.19
2.00	1.00	1.00	1.00	3.69	1.23

2 de 2

Factor de seguridad por corte FS = 3.00

Por tanto para las condiciones de carga, elegimos las siguientes características:

Ancho de cimentación	:	B' =	1.80 m.	
Longitud de cimentación	:	L' =	1.00 m.	
Profundidad de Desplante	:	Df =	1.80 m.	
Carga aplicada para corte	:	q _{apl-corte} =	1.11 Kg/cm ²	
Carga aplicada para asentamiento	:	q _{apl-asent} =	1.14 Kg/cm ²	11.39
Capacidad de carga por corte	:	3.58 Kg/cm ² =		0.35 Mpa
Y el Factor de Seguridad por Corte es de:		3.22		
Capacidad Admisible por corte =		1.19 Kg/cm² =		0.12 Mpa

ASENTAMIENTOS PROBABLES

DATOS:				
Módulo de Poisson	μ =	0.2		
Módulo de elasticidad	Es =	724 Tn/m ²	(del ensayo de corte directo)	
Factor de forma	m (L/B) =	0.56 (1+m ²)/0.5	1.143958905	
	If (centro de la cimentación flexible) =	0.815247		
	If (Esquina de la cimentación flexible) =	0.407624		
	If (Centro de la cimentación rígida) =	0.652198		
Asentamiento Total probable	Si =	2.22 cm		
Asentamiento Diferencial probable	Sd =	1.67 cm		
Asentamiento admisible	d	2.50 cm		
Factor de corrección	k	1.13		
La capacidad admisible por asentamiento es:				
	q _{adm x asent} =	1.28 Kg/cm ² =		0.13 Mpa
PRESIÓN ADMISIBLE DE DISEÑO				
	q _{adm} =	1.19 kg/cm ² =		0.12 Mpa
	δ _{Total} =	2.22 cm		
	δ _{Diferencial} =	1.67 cm		

* Parámetros y valores válidos para las condiciones descritas.

Pedro Pablo Mejía Bustamante
 TÉCNICO DE SUELOS Y
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Rég. C.I.P. N° 199568

Dirección: Jr. Pedro Cochachin Mz 192 Lt 18-Huaraz/ Teléfono (043) 237030-Celular 959251323/correo electrónico
 Ingemme_laboratorio@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO
(NTP 338.127-1998)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis
Solicita : Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez Fecha : Marzo 2021
Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Muestreado por : Y.D.T.
Calicata : C-2 Muestra : mab-1 Profundidad : 0.00 - 1.80 m.

DESCRIPCION		M - 1	M - 2
Peso Suelo Húmedo + Contenedor	M _{ows}	261.96	272.27
Peso Suelo Seco + Contenedor	M _{cs}	260.91	260.62
Peso Contenedor	M _c	22.44	23.26
Peso Suelo Seco (M _w =M _{ows} -M _{cs})	M _w	220.47	237.37
Peso del Agua (M _s =M _{ows} -M _c)	M _s	11.05	11.65
Contenido de Humedad (w=M _w /M _s)	w	4.84	4.91
Humedad Promedio (%)		4.87	


Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS


MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



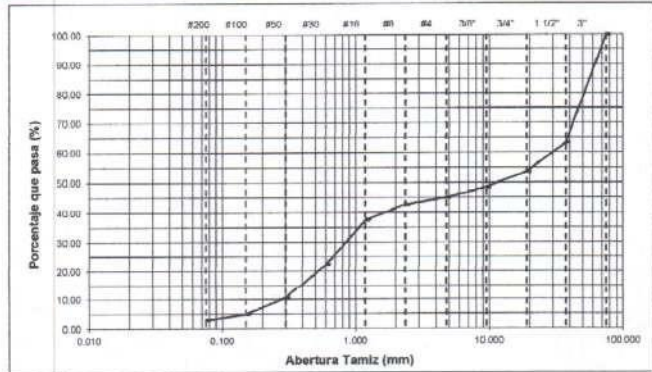
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NTP 339.128-1999)**

Solicitud N° S-083-2021

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis
 Solicita : Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez Fecha : Marzo 2021
 Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Muestreado por : Y.D.T.
 Calicata : C-2 Muestra : mab-1 Profundidad : 0.00 - 1.80 m.
 Masa Inicial Seca (gr) = 3540.50 % que pasa N° 200 = 3.10
 Masa Lavada y Seca (gr) = 3438.70 M. Retenido 3" (gr) = 0.00
 Tamaño Máximo : 3"

ASTM E11	Abertura de Tamioes mm	Retenido en cada Tamiz		PORCENTAJE ACUMULADO	
		Masa (gr)	%	Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	1300.40	36.73	36.73	63.27
3/4"	19.000	340.50	9.62	46.35	53.65
3/8"	9.500	185.70	5.25	51.60	48.41
# 4	4.750	122.00	3.45	55.04	44.96
# 8	2.380	79.40	2.24	57.28	42.72
# 16	1.180	184.70	5.22	62.50	37.50
# 30	0.600	540.90	15.28	77.77	22.23
# 50	0.300	408.20	11.53	89.30	10.70
# 100	0.150	205.10	5.79	95.10	4.90
# 200	0.075	63.90	1.80	96.90	3.10
< 200	Fondo	7.50	0.21	97.11	2.89



% GRAVA	55.04	% Gruesa :	46.35	D60 (mm) =	31.208
		% Fina :	8.69	D30 (mm) =	0.895
% ARENA	41.86	% Gruesa :	2.24	D10 (mm) =	0.282
		% Media :	20.49	Coef. Unif. (Cu) =	110.68
		% Fina :	19.13	Coef. Conc. (Cc) =	0.09
% FINOS	3.10				

Pedro Pablo Mejía Bustamante
 Pedro Pablo Mejía Bustamante
 TÉCNICO DE SUELOS Y
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

Miguel Ángel Macedo Pinedo
 MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. C.I.P. N° 199568

Dirección: Jr. Pedro Cochachin Mz 192 Lt 18-Huaraz/ Teléfono (043) 237030-Celular 959251323/correo electrónico ingemme_laboratorio@gmail.com



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

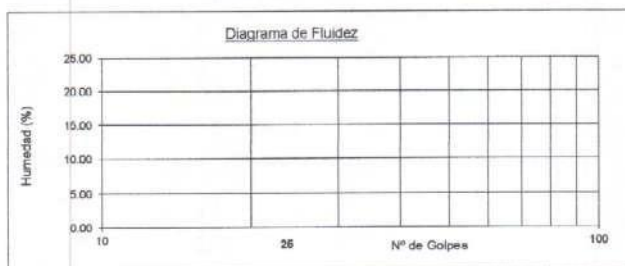
LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS
(NTP 339.129-1999)

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis
Solicita : Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez Fecha : Marzo 2021
Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Muestreado por : Y.D.T.
Calicata : C-2 Muestra: mab-1 Profundidad : 0.00 - 1.80 m.

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO

N° de golpes	8	--	
P. Suelo Húmedo+Rec.	34.56		
P. Suelo Seco+Rec.	31.09		
Peso del Recipiente	13.45		
Peso Suelo Seco	17.64		
Peso del Agua	3.47		
C. de Humedad %	19.67		



DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO

P. Suelo Húmedo+Rec.	--	
P. Suelo Seco+Rec.		
Peso del Recipiente		
Peso Suelo Seco		
Peso del Agua		
C. de Humedad %		

Límite Líquido = N.P.

Límite Plástico = N.P.

Índice Plasticidad = N.P.

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134, ASTM D 2487, MTC ANEXO 1)

Solicitud N° S-063-2021

PROYECTO : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis

SOLICITA : Jeronimo Antonio Rondan Rodríguez

Fecha : Marzo 2021

LUGAR : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

POZO N°	C-2				
MUESTRA	mab-1				
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.80 m.				
Porcentaje de material que pasa la malla de porción de material < 3"	3"	100.00			
	1 1/2"	83.27			
	3/4"	53.85			
	3/8"	48.41			
	# 4	44.98			
	# 8	42.72			
	# 16	37.50			
	# 30	22.23			
	# 50	10.70			
	# 100	4.90			
# 200	3.10				
Coef. de Uniformidad Cu	110.88				
Coef. de Curvatura Cc	0.09				
Porcentaje de Material	Grava	55.04			
	Arena	41.86			
	Finos	3.10			
Mitad de Fracción Gruesa	48.45				
Límites de	L.L.	N.P.			
	L.P.	N.P.			
Consistencia	I.P.				
Humedad Natural (%)	4.87				
Clasificación SUCS	GP				
Descripción	Grava pobremente graduada con arena				

Pedro Pablo Mejía Bustamante
 TÉCNICO DE SUELOS Y
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
 INGENIERO CIVIL
 Rég. C.I.P. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

HOJA RESUMEN - ENSAYOS ESTANDAR - CLASIFICACIÓN SUCS
(NTP 339.134-1999)

UBICACIÓN DE PUNTOS EN LA CARTA DE PLASTICIDAD

Solicitud N° S-063-2021

PROYECTO : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis

SOLICITA : Jeronimo Antonio Rondan Rodríguez

Fecha : Marzo 2021

LUGAR : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash

Muestreado por : Y.D.T.

CALICATA : C-2

Muestra: mab-1



Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. C.I.P. N° 199568



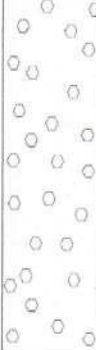
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

REGISTRO DE SONDAJE - DESCRIPCIÓN VISUAL MANUAL DE SUELOS
(NTP 339.150, ASTM D-2487)

Solicitud N° S-063-2021

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis
Solicitado : Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez Calicata : C-2
Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Fecha : Marzo 2021
Tipo de Sondaje : Cielo Abierto Prof. N.F. : N.E. Muestreado por : Y.D.T.

PROFUND. (m)	ESPESOR ESTRATO (m)	MUESTRAS OBTENIDAS	SÍMBOLO GRÁFICO	CLASIFIC. SUCS	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL
1.80	1.80	mab-1		GP	Grava pobremente graduado con arena, con presencia de bolones en 20% de TM= 250 mm, con grava gruesa subredondeada en 55%, arena media subredondeada en 42% y finos de plasticidad nula en 3%, baja resistencia en estado seco, dilatancia rápida, tenacidad baja, color marrón, ningún olor, humedad húmeda, consistencia suave, estructura homogénea, cementación moderada.

OBSERVACIONES:


Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS


MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. C.I.P. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO
(NPT 339.131-1999)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto :	Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis		
Solicita :	Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha :	Marzo2021
Lugar :	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por :	Y.D.T.
Calicata :	C-2	Muestra :	mab-1
		Profundidad :	0.00 - 1.80 m.

Muestra de Ensayo		M-1	M-2
Porción de muestra de ensayo		Pasa Malla # 4	Pasa Malla # 4
Tipo de Frasco Utilizado		Picnómetro 500 ml	Picnómetro500 ml
Masa picnómetro+ agua	gr (M_w)	673.30	705.50
Masa picnómetro+ agua + suelo	(M_b)	755.20	787.60
Masa muestra seco al horno + recip.	gr (A)	128.80	129.40
Masa recipiente	gr (B)	0.00	0.00
Masa muestra de suelo seco al horno ($M_0 = A-B$)	gr (M_0)	128.80	129.40
Peso Especifico Relativo de Sólidos ($G_s = M_0/(M_0+(M_w-M_b))$)		2.75	2.74
Peso Especifico Relativo de Sólidos (Gs) (B/E)		2.74	

Observación:


Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS


MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)

Solicitud N° **S-063-2021**

Proyecto	: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis		
Solicita	: Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha	: Marzo 2021
Lugar	: Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	: Y.D.T.
Calicata	: C-2	Muestra	: mab-1
		Profundidad	: 0.00 - 1.80 m.

Tipo de dispositivo : Cuadrado de bronce Especimen de ensayo: Remoldeada

Descripción	Unidades	ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
DIMENSIONES DEL ESPECIMEN							
Ancho (B)	cm	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000	6.000
Espesor (e)	cm	2.000	1.854	2.000	1.815	2.000	1.831
Area	cm ²	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00	36.00
Volumen	cm ³	72.00	66.74	72.00	65.34	72.00	65.92
PESO DEL ESPECIMEN							
Peso húmedo suelo + M.	gr.	100.80	115.22	100.80	113.71	100.80	113.32
Peso del molde	gr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso húmedo espécimen	gr	100.80	115.22	100.80	113.71	100.80	113.32
CONTENIDO DE HUMEDAD							
Peso Suelo húm + recip.	gr.	261.96	37.92	261.96	38.78	261.96	37.82
Peso Suelo seco + recip.	gr.	250.91	33.06	250.91	34.10	250.91	33.40
Peso del recipiente	gr.	22.44	7.67	22.44	7.58	22.44	7.79
Humedad (w)	%	4.84	19.14	4.84	17.65	4.84	17.26
PESO UNITARIO							
Peso Unitario húmedo (γ)	gr/cm ³	1.40	1.73	1.40	1.74	1.40	1.72
Peso Unitario seco (γ _d)	gr/cm ³	1.34	1.45	1.34	1.48	1.34	1.47


Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS


MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

**CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)**

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto	Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis		
Solicitante	Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez	Fecha	Marzo 2021
Lugar	Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	Y.D.T.
Calicata	C-2	Muestra	mab-1
		Profundidad	0.00 - 1.80 m.

Esfuerzo Normal	Kg/cm ²	0.50	1.00	2.00
-----------------	--------------------	------	------	------

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)	Deformac. tangencial (%)	Lectura fuerza de corte (Kg)	Esfuerzo de corte (Kg/cm ²)
0.00	0.121	0.00337	0.00	0.121	0.00337	0.00	0.121	0.00337
0.08	1.022	0.02840	0.08	1.723	0.04787	0.08	2.624	0.07289
0.17	1.323	0.03674	0.17	3.225	0.08958	0.17	5.728	0.15910
0.42	2.224	0.06177	0.42	5.027	0.13963	0.42	8.531	0.23696
0.83	3.325	0.09236	0.83	7.530	0.20915	0.83	13.836	0.38435
1.25	4.426	0.12295	1.25	9.832	0.27311	1.25	17.741	0.49280
1.67	5.327	0.14798	1.67	11.534	0.32039	1.67	21.145	0.58735
2.08	6.028	0.16744	2.08	13.036	0.36210	2.08	23.847	0.66243
2.50	6.829	0.18413	2.50	13.736	0.38157	2.50	25.649	0.71248
2.92	7.830	0.21750	2.92	14.938	0.41494	2.92	28.152	0.78201
3.33	8.030	0.22306	3.33	15.839	0.43996	3.33	30.555	0.84875
4.17	8.330	0.23140	4.17	16.940	0.47055	4.17	33.358	0.92661
5.00	9.231	0.25643	5.00	18.041	0.50114	5.00	36.762	1.02116
5.83	10.032	0.27867	5.83	19.242	0.53451	5.83	38.864	1.07955
6.67	10.433	0.28980	6.67	20.244	0.56232	6.67	41.066	1.14073
7.50	10.733	0.29814	7.50	21.044	0.58457	7.50	43.169	1.19913
8.33	11.534	0.32039	8.33	21.044	0.58457	8.33	43.669	1.21303
10.00	11.834	0.32873	10.00	23.147	0.64296	10.00	46.172	1.28256
11.67	12.435	0.34541	11.67	24.849	0.69024	11.67	48.475	1.34651
13.33	12.835	0.35654	13.33	25.850	0.71805	13.33	50.176	1.39379
15.00	12.835	0.35654	15.00	26.050	0.72361	15.00	49.776	1.38267
16.67	12.735	0.35376	16.67	25.649	0.71248	16.67	49.776	1.38267
18.33	12.735	0.35376	18.33	25.649	0.71248	18.33	49.776	1.38267
20.00	12.735	0.35376	20.00	25.649	0.71248	20.00	49.776	1.38267

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568

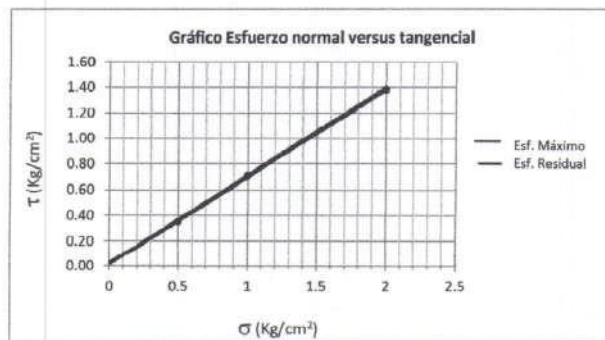
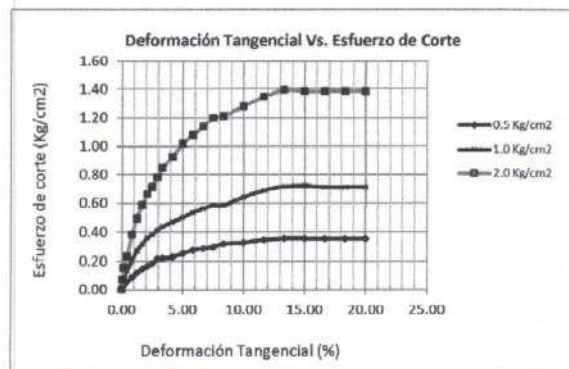


LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

CORTE DIRECTO DE SUELOS BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS NO DRENADAS
(NTP 339.171-2002)

Solicitud N° S-063-2021

Proyecto	: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis				
Solicita	: Jeronimo Antonio Rondan Rodríguez	Fecha	: Marzo 2021		
Lugar	: Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash	Muestreado por	: Y.D.T.		
Calicata	: C-2	Muestra	: mab-1	Profundidad	: 0.00 - 1.80 m.



Resistencia Máxima:

$$C = 0.02 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi (^{\circ}) = 34.55^{\circ}$$

Resistencia Residual:

$$C = 0.02 \text{ Kg/cm}^2$$
$$\phi (^{\circ}) = 34.36^{\circ}$$

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 199568



LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES

MEMORIA DE CALCULOS

Proyecto : Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa - sector Santa Gertrudis
Solicitado : Jeronimo Antonio Rondan Rodriguez Calicata : C-2 mab-1
Lugar : Santa Gertrudis-Ticapampa-Recuay-Ancash Profundidad : 0.00 - 1.00 m.

Usando datos de Ensayo de Corte Directo

Características del Suelo 1 de 2
Estructura : Muro de gaviones
Estrato de Apoyo : Grava pobremente graduada con arena GP
Angulo de Fricción Interna : 34.5 Grados = 0.6029
Cohesión : 0.00 Kg/cm² 0.00 Ton/m²
Peso Unit. del suelo encima de Df : $\gamma_1 = 1.40$ Ton/m³
Peso Unit. del suelo debajo de Df : $\gamma_2 = 0.40$ Ton/m³
Espesor del estrato : E = 5.00 m.
Profundidad de Nivel Freatico : NF = -.- m.

Características de la Estructura
Carga de Servicio de la Estructura : $Q_{SER} = 20.00$ Ton/m
Carga Muerta + Carga Viva + Sismo : $Q_{MVS} = 20.50$ Ton/m

PARAMETROS DE SUELO

Relación D/B = 1.2 <= 5 :::::OK!!!!!!
Esfuerzo Geostático efectivo $\sigma = 1.320$ Ton/m²

CAPACIDAD DE CARGA POR CORTE

SEGÚN TERZAGHI (1943)

Considerar Falla por corte Local (S/N)? = S
 $\phi_{corr} = 24.65$ Grados 0.4303 Radianes
 $c' = 0.00$ Kg/cm²
 $\phi' = 0.43$ Radianes
 $c' = 0.00$ Kg/cm² 0.00 Ton/m²
Factores de capacidad de Carga
 $K_{py} = 35.6672$ a = 2.67
 $N_c = 24.50$
 $N_q = 12.25$
 $N_\gamma = 9.68$
Tipo de Cimentación : Cuadrada = 1
Rectangular = 2
Corrida = 3
Tipo de Cimentación : 3 **Corrida**
Profundidad de desplante Df : 1.8 m. y a nivel de desplante 1.40
q = 2.52 Ton/m²

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TÉCNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Rég. CIP. N° 199568



**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
INGENIERIA Y MECANICA DE MATERIALES**

Ancho B (m)	Largo L (m)	Sc	Sy	qult (Kg/cm ²)	q adm (Kg/cm ²)
1.00	1.00	1.00	1.00	3.76	1.25
1.50	1.00	1.00	1.00	4.10	1.37
2.00	1.00	1.00	1.00	4.44	1.48

2 de 2

Factor de seguridad por corte FS = 3.00

Por tanto para las condiciones de carga, elegimos las siguientes características:

Ancho de cimentación	:	B' =	1.50 m.	
Longitud de cimentación	:	L' =	1.00 m.	
Profundidad de Desplante	:	Df =	1.80 m.	
Carga aplicada para corte	:	q _{apl-corte} =	1.33 Kg/cm ²	
Carga aplicada para asentamiento	:	q _{apl-asent} =	1.37 Kg/cm ²	13.67
Capacidad de carga por corte	:	4.10 Kg/cm ² =		0.40 Mpa
Y el Factor de Seguridad por Corte es de:		3.08		
Capacidad Admisible por corte =		1.37 Kg/cm² =		0.13 Mpa

ASENTAMIENTOS PROBABLES

DATOS:

Módulo de Poisson	μ =	0.2	
Módulo de elasticidad	Es =	690 Tn/m ²	(del ensayo de corte directo)
Factor de forma	m (L/B) =	0.67 (1+m ²) ^{0.5}	1.201850425
	If (centro de la cimentación flexible) =	0.905053	
	If (Esquina de la cimentación flexible) =	0.452527	
	If (Centro de la cimentación rígida) =	0.724042	

Asentamiento Total probable	Si =	2.58 cm
Asentamiento Diferencial probable	Sd =	1.94 cm

Asentamiento admisible d 2.50 cm

Factor de corrección k 0.97

La capacidad admisible por asentamiento es:

$$q_{adm \text{ a asent}} = 1.32 \text{ Kg/cm}^2 = 0.13 \text{ Mpa}$$

PRESIÓN ADMISIBLE DE DISEÑO

q _{adm}	=	1.32 kg/cm ² =	0.13 Mpa
δ _{Total}	=	2.58 cm	
δ _{Diferencial}	=	1.94 cm	

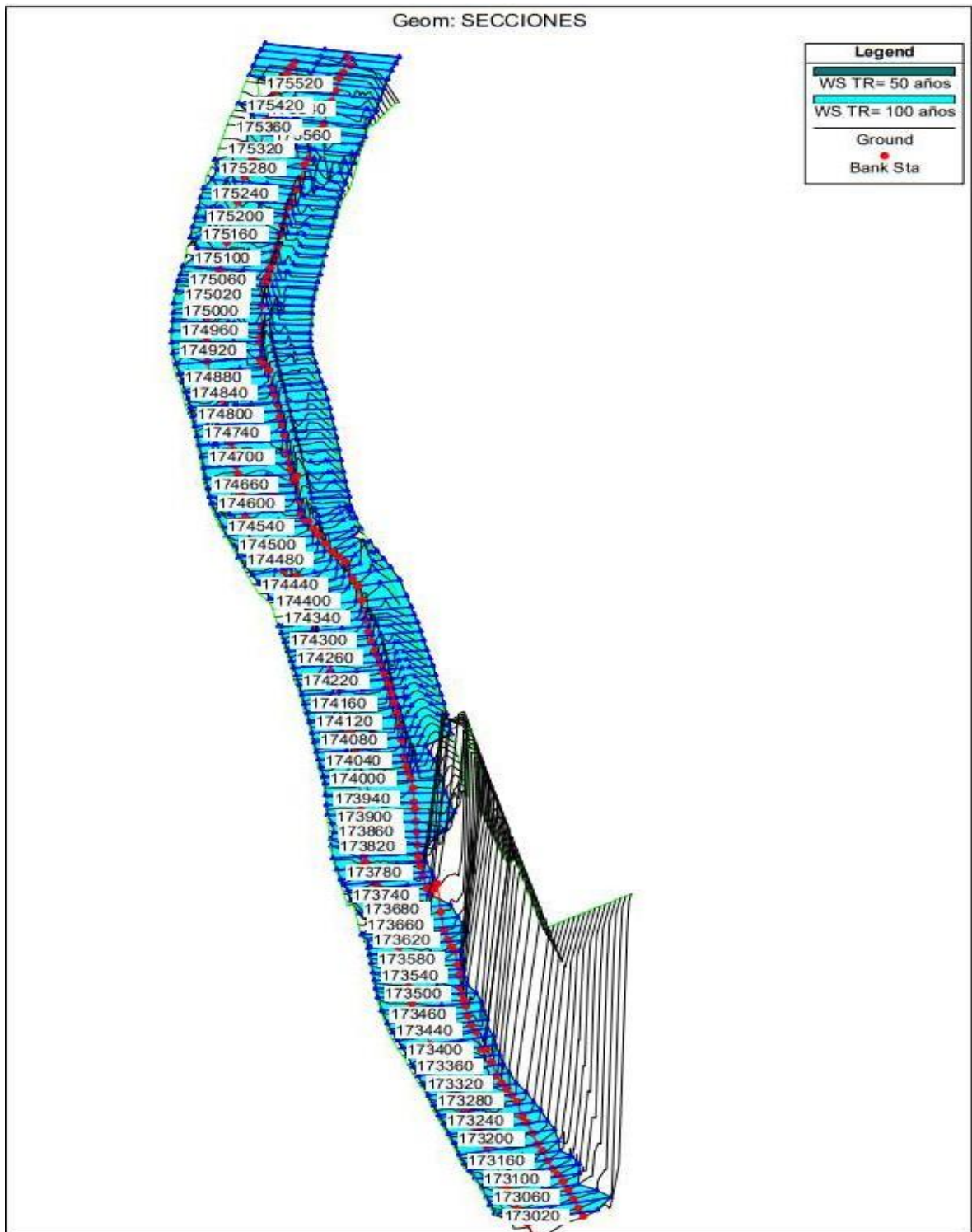
* Parámetros y valores válidos para las condiciones descritas.

Pedro Pablo Mejía Bustamante
TECNICO DE SUELOS Y
CONCRETO Y PAVIMENTOS

MIGUEL ÁNGEL MACEDO PINEDO
INGENIERO CIVIL
Reg. C.I.P. N° 199568

Dirección: Jr. Pedro Cochachin Mz 192 Lt 18-Huaraz/Teléfono (043) 237030-Celular 959251323/correo electrónico ingemime_laboratorio@gmail.com

Anexo 3: Modelamiento hidráulico con Hec Ras del Km 173+000 al 175+000



Anexo 4: Cronograma de Actividades

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES																	
N°	ACTIVIDADES	Año 2021								Año 2021							
		Semestre				Semestre				Semestre				Semestre			
		Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Elaboración de Proyecto	X	X	X													
2	Revisión del proyecto por el jurado de investigación				X												
3	Aprobación del proyecto por el jurado de investigación				X												
4	Exposición del proyecto al jurado de Investigación				X												
5	Mejora del marco teórico					X											
6	Redacción de la revisión de la literatura					X											
7	Elaboración del consentimiento informativo						X										
8	Ejecución de la metodología						X										
9	Resultados de la investigación							X		X							
10	Conclusiones y recomendaciones							X		X							
11	Redacción del pre informe de investigación							X	X	X							
12	Redacción del pre informe final									X	X						
13	Aprobación del informe final por el jurado de Investigación											X					
14	Presentación de ponencia en jornadas de investigación												X				
15	Redacción de artículo científico													X	X	X	
16	Empastado del trabajo de Investigación																X

Anexo 5: Presupuesto

Presupuesto desembolsable			
Categoría	Base	Número	Subtotal (s/.)
Suministros			
<input type="checkbox"/> Impresiones	0.30	400	120.00
<input type="checkbox"/> Fotocopias	0.10	200	20.00
<input type="checkbox"/> Lapiceros	0.50	5	2.50
<input type="checkbox"/> Empastado	50.00	4	200.00
<input type="checkbox"/> Papel bon A-4	15.00	2	30.00
Servicios			
<input type="checkbox"/> Estación total	250.00	2	500.00
<input type="checkbox"/> Uso de Turnitín	100	1	100.00
Sub total			972.50
Gastos de viaje			
<input type="checkbox"/> Pasajes para recolectar información	100.00	2	200.00
Sub total			1,172.50
Total del presupuesto desembolsable			
Presupuesto no desembolsable (Universidad)			
Categoría	Base	Número	Subtotal (s/.)
Servicios			
<input type="checkbox"/> Uso de Internet (Laboratorio de Aprendizaje Digital -LAD)	50.00	4	200.00
<input type="checkbox"/> Búsqueda de información en base de datos	35.00	2	70.00
<input type="checkbox"/> Soporte informático (Módulo de Investigación del ERP University - MOIC)	40.00	4	160.00
<input type="checkbox"/> Publicación de artículo en repositorio institucional	50.00	1	50.00
Sub total			480.00
Recurso Humano			
<input type="checkbox"/> Asesoría personalizada (5 horas por semana)	63.00	4	252.00
Sub total			252.00
Total de presupuesto no desembolsable			732.00
Total (S/.)			1,904.50

Anexo 6: Consentimiento Informado



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

PROTOCOLO DE ASENTIMIENTO INFORMADO (Ingeniería y Tecnología)

Mi nombre es Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez y estoy haciendo mi investigación, la participación de cada uno de ustedes es voluntaria.

A continuación, te presento unos puntos importantes que debes saber antes de aceptar ayudarme:

- Tu participación es totalmente voluntaria. Si en algún momento ya no quieres seguir participando, puedes decírmelo y volverás a tus actividades.
- La conversación que tendremos será de 5 minutos máximos.
- En la investigación no se usará tu nombre, por lo que tu identidad será anónima.
- Tus padres ya han sido informados sobre mi investigación y están de acuerdo con que participes si tú también lo deseas.

Te pido que marques con un aspa (x) en el siguiente enunciado según tu interés o no de participar en mi investigación.

¿Quiero participar en la investigación de _____? _____?	Sí	No
--	----	----

Fecha: _____



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENTREVISTAS (Ingeniería y Tecnología)

Estimado/a participante

Le pedimos su apoyo en la realización de una investigación en **Ingeniería y Tecnología**, conducida por Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez, que es parte de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote. La investigación denominada: Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa margen izquierda sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca-Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash-2021

- La entrevista durará aproximadamente 5 minutos y todo lo que usted diga será tratado de manera anónima.
- La información brindada será grabada (si fuera necesario) y utilizada para esta investigación.
- Su participación es totalmente voluntaria. Usted puede detener su participación en cualquier momento si se siente afectado; así como dejar de responder alguna interrogante que le incomode. Si tiene alguna pregunta durante la entrevista, puede hacerla en el momento que mejor le parezca.
- Si tiene alguna consulta sobre la investigación o quiere saber sobre los resultados obtenidos, puede comunicarse al siguiente correo electrónico: jeronimohauraz@gmail.com o al número 950892310. Así como con el Comité de Ética de la Investigación de la universidad, al correo electrónico

.....

Complete la siguiente información en caso desee participar:

Nombre completo:	
Firma del participante:	
Firma del investigador:	
Fecha:	



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

PROTOCOLO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA ENCUESTAS (Ingeniería y Tecnología)

La finalidad de este protocolo en Ingeniería y tecnología es informarle sobre el proyecto de investigación y solicitarle su consentimiento. De aceptar, el investigador y usted se quedarán con una copia.

La presente investigación se Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa margen izquierda sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca-Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash-2021 y es dirigido por Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez, investigador de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

El propósito de la investigación es: Mejorar la defensa ribereña del río santa margen izquierda sector Santa Gertrudis.

Para ello, se le invita a participar en una encuesta que le tomará 5 minutos de su tiempo. Su participación en la investigación es completamente voluntaria y anónima. Usted puede decidir interrumpirla en cualquier momento, sin que ello le genere ningún perjuicio. Si tuviera alguna inquietud y/o duda sobre la investigación, puede formularla cuando crea conveniente.

Al concluir la investigación, usted será informado de los resultados a través de un informe de resultados. Si desea, también podrá escribir al correo jeronimohuaraz@gmail.com para recibir mayor información. Asimismo, para consultas sobre aspectos éticos, puede comunicarse con el Comité de Ética de la Investigación de la universidad Católica los Ángeles de Chimbote.

Si está de acuerdo con los puntos anteriores, complete sus datos a continuación:

Nombre: _____

Fecha: _____

Correo electrónico: _____

Firma del participante: _____

Firma del investigador (o encargado de recoger información): _____



UNIVERSIDAD CATÓLICA LOS ÁNGELES
CHIMBOTE

PROTOCOLO DE AUTORIZACION (Ingeniería y Tecnología)

La finalidad de este protocolo en Ingeniería y tecnología es informarle sobre el proyecto de investigación y solicitarle su autorización, para la ejecución del proyecto de investigación. De aceptar, el investigador y usted se quedarán con una copia.

La presente investigación se titula Evaluación y diseño de la defensa ribereña del río Santa margen izquierda sector Santa Gertrudis entre las progresivas 173+000 km al 175+000 km de la carretera Pativilca-Huaraz, distrito de Ticapampa, provincia de Recuay, departamento de Ancash-2021y es dirigido por Jerónimo Antonio Rondan Rodríguez, investigador de la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote.

El propósito de la investigación es: Evaluar y diseñar la defensa ribereña del río Santa margen izquierda sector Santa Gertrudis.

Para ello, se le invita a participar en una encuesta que le tomará 5 minutos de su tiempo. Su participación en la investigación es completamente voluntaria y anónima. Usted puede decidir interrumpirla en cualquier momento, sin que ello le genere ningún perjuicio. Si tuviera alguna inquietud y/o duda sobre la investigación, puede formularla cuando crea conveniente.

Al concluir la investigación, usted será informado de los resultados a través de un informe de resultados. Si desea, también podrá escribir al correo jeronimohuaraz@gmail.com para recibir mayor información. Asimismo, para consultas sobre aspectos éticos, puede comunicarse con el Comité de Ética de la Investigación de la universidad Católica los Ángeles de Chimbote.

Si está de acuerdo con los puntos anteriores, complete sus datos a continuación:

Nombre: _____

Fecha: _____

Correo electrónico: _____

Firma del participante: _____

Firma del investigador (o encargado de recoger información): _____

Anexo 7: Plano en planta y perfil longitudinal del sector Santa Gertrudis

